

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2002 年 5 月 30 日 (30.05.2002)

PCT

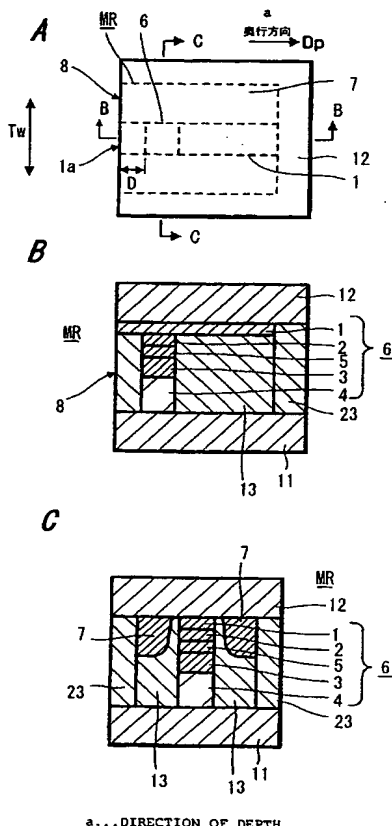
(10) 国際公開番号
WO 02/43164 A1

- (51) 国際特許分類⁷: H01L 43/08, 43/12, (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): ソニー株式会社 (SONY CORPORATION) [JP/JP]; 〒141-0001 東京都品川区北品川6丁目7番35号 Tokyo (JP).
G11B 5/39, G01R 33/09, H01F 10/32
- (21) 国際出願番号: PCT/JP01/10210
- (22) 国際出願日: 2001 年 11 月 22 日 (22.11.2001)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2000-356255
2000 年 11 月 22 日 (22.11.2000) JP
- (72) 発明者; および
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 石井 聡 (ISHII, Satoru) [JP/JP]. 佐々木智 (SASAKI, Satoshi) [JP/JP]; 〒141-0001 東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 弁理士 松隈秀盛 (MATSUKUMA, Hide-mori); 〒160-0023 東京都新宿区西新宿1丁目8番1号 新宿ビル Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (国内): CN, KR, US.

[続葉有]

(54) Title: METHOD FOR MANUFACTURING MAGNETORESISTANCE EFFECT DEVICE AND METHOD FOR MANUFACTURING MAGNETORESISTANCE EFFECT MAGNETIC HEAD

(54) 発明の名称: 磁気抵抗効果素子の製造方法と磁気抵抗効果型磁気ヘッドの製造方法



(57) Abstract: An MR device manufacturing method comprising a film-forming step of forming a multilayer film including an antiferromagnetic layer (4), a fixing layer (3), and a spacer layer (5), a first patterning step of patterning the multilayer film to a predetermined pattern, a step of burying an insulating layer (13) around the patterned multilayer film, a step of forming a magnetic flux guide layer or a free layer-cum-magnetic flux guide layer over the insulating layer (13) and the patterned multilayer film, and a second patterning step of patterning the magnetic flux guide layer and the multilayer film simultaneously by beam etching so as to form a multilayer structure, wherein the incident angle θ of the etching beam with respect to the normal to the etching face is limited to $10^\circ \leq \theta \leq 40^\circ$, preferably, to $15^\circ \leq \theta \leq 35^\circ$, and the etching rate of the constituent material of the multilayer structure is substantially equal to that of the insulating layer so as to accurately etch the parts without over- and under-etching, thereby stabilizing the characteristics and improving the production yield.

[続葉有]



添付公開書類:
— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(57) 要約:

少なくとも、反強磁性層 4 と、固定層 3 と、スペーサ層 5 とを有する積層膜を形成する成膜工程と、この積層膜を所定のパターンにパターンニングする第 1 のパターンニング工程と、このパターンニングされた積層膜の周囲に絶縁層 1 3 を埋込む工程と、この絶縁層 1 3 とパターンニングされた積層膜上に差し渡って磁束ガイド層もしくは自由層兼磁束ガイド層を成膜する工程と、磁束ガイド層と上述した積層膜とを同時にパターンニングして上述した積層構造部を形成するビームエッチングによる第 2 のパターンニング工程とを経る MR の製造方法にあって、そのエッチングビームの入射角をエッチング面の法線に対する角度 θ を、 $10^\circ \leq \theta \leq 40^\circ$ に、好ましくは $15 \leq \theta \leq 35^\circ$ に選定することによって、積層構造部の構成材料と、絶縁層の構成材料とがほぼ同一エッチング速度となるようにして、各部のエッチングを過不足なく正確に設定することができるようにし、特性の安定化、歩留りの向上を図る。

明 細 書

磁気抵抗効果素子の製造方法と磁気抵抗効果型磁気ヘッドの製造方法

技術分野

5 本発明は、磁気抵抗効果素子の製造方法および磁気抵抗効果型磁気ヘッドの製造方法に係わる。

背景技術

10 近年、磁気記録分野における高記録密度化において、巨大磁気抵抗効果（GMR）素子を感じ磁部に用いた磁気抵抗効果型磁気ヘッド（MR型磁気ヘッド）が実用化され、最近では50Gb/inch²を超える記録密度を達成している（例えばIntermag Conference 2000:Fujitsu, Read-Rite）。

15 このような磁気ヘッドでは、MR素子部においては、通常膜面方向にセンス電流を通電し、膜面に平行に外部磁界、すなわち磁気記録媒体からの記録情報に応じた信号磁界を印加した際に生じる電気抵抗の変化によって磁界検出を行ういわゆるCIP（Current In-Plane）型構成による。

20 一方、高記録密度化の要求に伴い、高感度化を可能にするMR素子部の構成材料の選定と、狭トラック化のための高精度なパターンニング、具体的にはフォトリソグラフィ技術による素子の微細化が要求されている。

25 これに対して、より大きな抵抗変化を示すものとして、センス電流の通電方向をMR素子の膜面に垂直方向とするCPP（Current Perpendicular to Plane 型構成によるスピバルブ）型MR（SV型GMR）素子、もしくはトンネル型MR（TMR）素子の提案がなされている。

 このCPP型構成によるMR素子は、SV型GMR素子においては、従来のCIP型における場合とほぼ同様の膜構造で実現さ

れる。すなわち、薄い非磁性導電層によるスペーサ層によって分離された2つの強磁性層を有し、これらの界面で起こる電子のスピン依存散乱に基づく抵抗変化を利用するものである。

5 この場合、一方の強磁性層は、他方の強磁性層よりも飽和保磁力が大きい材料によって構成され、このために高い飽和磁界を持つ。

また、この構成において、各層の膜厚は、抵抗変化量が大きくなるように、各層における電子の平均自由行程に応じて最適化される。

10 このMR素子の磁気応答は、2つの強磁性層の相対的な磁化の向きによる関数である。

一方、TMR型素子は、薄い絶縁トンネル障壁層によるスペーサによって分離された2つの強磁性層を有し、磁気分極電子トンネル現象による抵抗変化を利用するものである。

15 これら強磁性層のうち一方の層は、典型的には他方の強磁性層よりも一方向により高い飽和磁界を持つ。

そして、その絶縁トンネル障壁層は、両強磁性層間に量子力学トンネル現象が生じ得る程度の十分に薄い膜厚とされる。このトンネル現象は、電子スピンの依存し、それによってトンネル型素子の磁気的な応答は、上記2つの強磁性層の磁化の相対的な向きとスピン極性の関数に依存するものである。

20 これらC P P配置されたS V型GMR型素子、およびTMR素子は、上述したC I P配置によるMR素子に比し、さらに大きな抵抗変化量を持つため、原理的に高感度MR型磁気ヘッドの実現が可能である。

25 また、更なる高記録密度化、例えば100Gb/inch²においては、0.1μm以下の狭い磁気記録パターンを検出するための高精度なMR素子の実現化が要求されている。

この要求に対応するものとして微細なMR素子の製造方法の提案がなされている。

5 このような微細なMR素子、特に磁束ガイド層を具備するMR素子を製造する製造方法においては、その微細なMR素子製造工程で、異なる材料の積層膜、殊に絶縁層例えば酸化アルミニウムあるいは酸化シリコンと金属層との積層構造を有する部分と、殆ど金属層のみの積層による積層構造部分とを同時にパターンニングする工程を伴う。

10 このパターンニングは、例えばイオンビームエッチング方法によって行うことができるが、この場合、上述した絶縁層の酸化アルミニウムあるいは酸化シリコンと、金属層とのエッチング速度が著しく相違するために目的とする構造の微細化されたMR素子を、歩留り良く製造することに問題が生じる。

発明の開示

15 本発明は、このような問題の解決を図り、目的とする構造の微細化されたMR素子を、確実に得ることができるようにした磁気抵抗効果素子の製造方法と磁気抵抗効果型磁気ヘッドの製造方法を提供する。

20 本発明による磁気抵抗効果素子の製造方法は、少なくとも、磁束ガイド層と、外部磁界に応じて磁化が回転する軟磁性材料から成る自由層、あるいは自由層兼磁束ガイド層と、強磁性材料から成る固定層と、この固定層の磁化を固定する反強磁性層と、自由層と固定層との間に介在されるスペーサ層とが積層された積層構造部、すなわちSV型GMR積層構造部あるいはTMR積層構造部を有する磁気抵抗効果素子の製造方法である。

25 この製造方法においては、その少なくとも、反強磁性層と、固定層と、スペーサ層とを有する積層膜を形成する成膜工程と、この積層膜を所定のパターン、例えば所定の奥行長を有するパター

ンにパターニングする第1のパターニング工程と、このパターニングされた積層膜の周囲に絶縁層を埋込む工程と、この絶縁層とパターニングされた積層膜上に差し渡って磁束ガイド層もしくは自由層兼磁束ガイド層を成膜する工程と、磁束ガイド層と上述した積層膜とを同時に所定のパターン、例えば所定の幅を有するパターンにパターニングして上述した積層構造部を形成するビームエッチングによる第2のパターニング工程とを経る方法による。

そして、本発明においては、磁束ガイド層を有するMR素子の形成において、MR素子本体、すなわち上述したSV型GMR積層構造部、あるいはTMR積層構造部の奥行きを決定する第1のパターニングと、MR素子本体と磁束ガイド層との幅を決定する第2のパターニングを、エッチングビームの入射角の選定、具体的には、例えば上述の絶縁層が酸化シリコンである場合は、エッチング面の法線に対する角度 θ を、 $10^\circ \leq \theta \leq 40^\circ$ に、好ましくは $15^\circ \leq \theta \leq 35^\circ$ に選定することによって、上述の積層構造部の構成材料と、上述した絶縁層の構成材料とがほぼ同一エッチング速度となるエッチングによって行うものである。

また、本発明による磁気抵抗効果型磁気ヘッドの製造方法においては、その感磁部を構成する磁気抵抗効果素子を、上述した磁気抵抗効果素子の製造方法によって行う。

上述したように、本発明においては、そのSV型GMR積層構造部を構成するいわば金属層の積層構造部、あるいはTMR積層構造部にあってはトンネル障壁層を構成する例えば酸化アルミニウム Al_2O_3 がスペーサ層として介在されるものの、この絶縁層は例えば0.6nm程度という極薄の絶縁層であってこのTMR積層構造部においても実質的に金属層の積層構造であることから、この金属積層構造部と、絶縁層上に差し渡る磁束ガイド層を絶縁層と共にエッチングするに当たり、そのエッチングビームの

入射角 θ の選定によってほぼ同一エッチングレイトになるようにしたことによって、上述した積層構造部とその周囲のエッチング深さを過不足なく均一に選定することができることから、後にこのエッチング部分に形成する自由層に対するバイアス用着磁がなされる硬磁性層の位置決定を正確に行うことができる。

図面の簡単な説明

図 1 A と B および C は、それぞれ本発明製造方法によって得る磁気抵抗効果素子の一例の概略平面図とその B - B 線および C - C 線上の概略断面図であり、図 2 A と B および C は、それぞれ本発明製造方法によって得る磁気抵抗効果型磁気ヘッドの一例の概略平面図とその B - B 線および C - C 線上の概略断面図であり、図 3 A と B および C は、本発明による磁気抵抗効果素子および磁気抵抗効果型磁気ヘッドの製造方法の一例の一工程における概略平面図とその B - B 線および C - C 線上の概略断面図であり、図 4 A と B および C は、本発明による磁気抵抗効果素子および磁気抵抗効果型磁気ヘッドの製造方法の一例の一工程における概略平面図とその B - B 線および C - C 線上の概略断面図であり、図 5 A と B および C は、本発明による磁気抵抗効果素子および磁気抵抗効果型磁気ヘッドの製造方法の一例の一工程における概略平面図とその B - B 線および C - C 線上の概略断面図であり、図 6 A と B および C は、本発明による磁気抵抗効果素子および磁気抵抗効果型磁気ヘッドの製造方法の一例の一工程における概略平面図とその B - B 線および C - C 線上の概略断面図であり、図 7 A と B および C は、本発明による磁気抵抗効果素子および磁気抵抗効果型磁気ヘッドの製造方法の一例の一工程における概略平面図とその B - B 線および C - C 線上の概略断面図であり、図 8 A と B および C は、本発明による磁気抵抗効果素子および磁気抵抗効果型磁気ヘッドの製造方法の一例の一工程における概略平面図とそ

の B - B 線および C - C 線上の概略断面図であり、図 9 A と B および C は、本発明による磁気抵抗効果素子および磁気抵抗効果型磁気ヘッドの製造方法の一例の一工程における概略平面図とその B - B 線および C - C 線上の概略断面図であり、図 10 A と B および C は、本発明による磁気抵抗効果素子および磁気抵抗効果型磁気ヘッドの製造方法の一例の一工程における概略平面図とその B - B 線および C - C 線上の概略断面図であり、図 11 A と B および C は、本発明による磁気抵抗効果素子および磁気抵抗効果型磁気ヘッドの製造方法の一例の一工程における概略平面図とその B - B 線および C - C 線上の概略断面図であり、図 12 は、本発明の説明に供するビームエッチングのビーム入射角の説明図であり、図 13 は、本発明の説明に供するビームエッチングのビーム入射角とエッチングレートとの関係の測定結果を示す図であり、図 14 A と B および C は、本発明製造方法によって作製した MR 素子の要部の斜視図とその B - B 線および C - C 線の断面図であり、図 15 A と B および C は、比較例の MR 素子の要部の斜視図とその B - B 線および C - C 線の断面図であり、図 16 A と B および C は、比較例の MR 素子の要部の斜視図とその B - B 線および C - C 線の断面図であり、図 17 は、本発明製造方法によって得るデュアル型の MR 素子の一例の概略断面図であり、図 18 は、本発明製造方法によって得た MR 型再生磁気ヘッドを用いた記録再生磁気ヘッドの一例の概略斜視図である。

発明を実施するための最良の形態

まず、本発明製造方法によって得る磁気抵抗効果素子（MR 素子）MR と、この MR 素子を感じ磁部とする磁気抵抗効果型磁気ヘッド H を図 1 および図 2 を参照して説明する。

これら MR 素子および MR 型磁気ヘッドの感磁部は、前述した S V 型 G M R 構成とすることも、T M R 構成とすることもできる

。

図 1 および図 2 はともにいわゆるボトム型構成とした場合である。

図 1 および図 2 の各 A 図は、本発明製造によって得る M R 素子と M R 型磁気ヘッドの一例の概略平面図を示し、各 B 図および C 図は、それぞれ図 1 A および図 2 A の B - B 線上および C - C 線上の概略断面図を示す。

M R 素子は、図 1 に示すように、トラック幅方向 T w と直交する奥行き方向 D P に延在し、その前方端 1 a 側を、外部磁界、すなわち検出磁界の導入端とするストライプ状の磁束ガイド層 1 と、この磁束ガイド層 1 の前方端 1 a 側の一部に限定的に、あるいは、前方端 1 a から所要の距離 D だけ奥行き方向に入り込んだ位置での一部に限定的に M R 素子本体を構成する積層構造部 6 が磁束ガイド層 1 と重ねられて配置形成される。

この積層構造部 6 は、外部磁界に応じて磁化が回転する軟磁性材料から成る自由層 2 と、強磁性材料から成る固定層 3 と、この固定層 3 の磁化を固定する反強磁性層 4 と、自由層 2 と固定層 3 との間に介在されるスペーサ層 5 とが積層されて成る。

この積層構造部 6 の両側には、少なくとも自由層 2 と磁束ガイド層 1 の両側端面に対向して、硬磁性層 7 が配置される。

この硬磁性層 7 は、自由層の端部に生じる磁区を消去して、外部磁界に対する自由層 2 における磁化回転に不連続性を生じるバルクハウゼンノイズの改善を図るバイアス磁界を自由層 2 に印加するための着磁がなされた永久磁石を構成するものである。

また、これら磁束ガイド層 1 および積層構造部 6 は、第 1 および第 2 の電極 1 1 および 1 2 間に配置され、これら第 1 および第 2 の電極 1 1 および 1 2 間にセンス電流の通電がなされて、積層構造部 6 に対し、その積層方向すなわち各層の膜面を横切る方向

にセンス電流の通電を行うC P P構成とする。

また、M R型磁気ヘッドHは、図2に示すように、上述した磁気抵抗効果素子M Rを感磁部とするものであり、これが第1および第2の磁気シールド2 1および2 2間に配置されて成る。

5 そして、磁束ガイド層1の前方端1 aが臨む面を、磁気記録媒体との対接ないしは対向面とする前方面8とする。そして、この磁気ヘッドHが、浮上型磁気ヘッド、すなわち例えばジンバルの先端に配置されたスライダに構成されて、磁気記録媒体としての例えば磁気ディスクの回転による空気流によって浮上させて、記録媒体面との間にスペーシングを形成させる浮上型構成とする場合においては、上述した前方面8が、いわゆるA B S (Air Bearing Surface)とされる。

10 図示した例では、第1および第2の電極1 1および1 2と磁気シールド2 1および2 2とをそれぞれ設けた場合であるが、これら電極1 1および1 2と磁気シールド2 1および2 2は、磁気シールド兼電極として構成することもできる。

15 尚、図2において図1と対応する部分には同一符号を付して重複説明を省略する。

20 また、上述の積層構造部6において、そのスペーサ層5は、S V型G M R構成とする場合においては、非磁性導電層によって構成し、T M R構成においては、非磁性絶縁層によるトンネルバリア層によって構成する。

25 また、図1および図2においては、磁束ガイド1と自由層2とが個別の層によって構成した場合であるが、ストライプ状の磁束ガイド1自体によって自由層2を構成するように、自由層兼磁束ガイド構成とすることも、あるいは自由層の一部の厚さ分を磁束ガイド層1と兼ねる構造とすることもできる。

 また、上述した図示の例では、磁束ガイド層1の前方端1 aが

、前方面 8 に臨む構成とし、MR 素子本体の例えば S-V 型 GMR
あるいは TMR を構成する積層構造部 6 は、前方面 8 より所要の
距離 D だけ奥行き方向 DP に後退した位置に配置した構成とした
場合であるが、この積層構造部 6 が、前方面 8 に臨む位置に配置
5 された構成とすることもできる。

しかしながら、このように、積層構造部 6 が、前方面 8 に臨む
位置に配置された構成とする場合、前方面 8 の形成に際しての研
磨加工において、MR 素子本体の特性の決定、例えばその形状、
大きさを決定することになることから、研磨加工に高い精度を必要
10 とし、特性変動、不均一化、歩留りの低下等を来す。したがっ
て、素子本体すなわち積層構造部 6 は、前方面 8 から後退した位
置に配置され、磁束ガイド層 1 によって検出外部磁界、すなわち
磁束が導入される構成とすることが望ましい。

図 3 ～図 11 を参照して本発明による MR 素子および MR 型磁
15 気ヘッドの製造方法の一例を説明するが、いうまでもなく、本発
明の製造方法は、この例に限定されるものではない。

図 3 ～図 11 において、各 A 図は概略平面図、各 B 図および C
図はそれぞれ A 図の B-B 線および C-C 線の断面図を示す。

図 3 に示すように、例えばアルチック (AlTiC) よりなる
20 基板 (図示せず) 上に、第 1 の電極 11 が被着形成される。そし
て、この反強磁性層 4、固定層 3、スペーサ層 5、自由層 2 の一
部が順次例えばマグネトロンスパッタリング、あるいはイオンビ
ームスパッタリングによって形成された積層膜 9 が構成される。

第 1 の電極 11 は、例えば厚さ 3 nm ～ 20 nm 程度の Ta、
25 Au、Cu などの導電層によって形成される。

反強磁性層 4 は、例えば Ta、NiFe、Cu、NiFeCr
などのバッファシード層 (図示せず) を介して、例えば厚さ 6 ～
30 nm の PtMn、IrMn、RhMn、PdPtMn、Ni

Mn等が成膜されて形成される。

固定層3は、厚さ2～10nmの例えばCoFe、NiFe、Co等の強磁性材より成り、反強磁性層4と交換結合するように形成される。

5 また、この固定層3は、多層例えば2層の例えばCo層間に非磁性層のRu層を介在させた反強磁性結合によるいわゆる積層フェリ層構造とすることもできる。

10 また、スペーサ層5は、SV型GMR構成においては例えば厚さ2～5nmのCu等より成る非磁性層より成り、TMR構成においては例えば厚さ0.4～2.0nmのAlの自然酸化膜もしくはプラズマ酸化膜等によるAl₂O₃によって構成する。

 また、自由層2あるいは自由層2の一部を構成する軟磁性層は、例えば厚さ1～5nmCo、CoFe、NiFeの単一もしくは積層膜によって構成される。

15 この積層膜9上に、後述するエッチングマスクおよびリフトオフ層となる第1のマスク10を、トラック幅方向Twの方向に延在するストライプ状に形成する。この第1のマスク10は、フォトレジストをフォトリソグラフィによってパターンニングして形成することができる。このマスク10は、典型的にはリフトオフを
20 良好に行うことができるように、図示しないが、アンダーカットを有する2層レジスト層によって、あるいはブリッジ状レジストによって構成する。

25 次に、図4に示すように、第1のマスク10をエッチングマスクとして積層膜9を、例えばイオンビームエッチングによる第1のパターンニング工程を行ってマスク10のパターンに応じてトラック幅方向に延在するストライプ状をなし、所要の奥行長Lが規定された第1のストライプ部S1を形成する。

 次に、図5に示すように、このエッチングすなわち第1のパタ

ーニングによって形成された第1のストライプ部S1の積層膜9の周囲の溝G1を埋め込むように、絶縁層13、本発明では酸化シリコンを全面的に積層膜9の厚さに対応する厚さにマグネトロンスパッタリングあるいはイオンビームスパッタリング等によって形成し、その後マスク10を除去する。このマスク10の除去によってこのマスク10上の絶縁層13が除去、すなわちリフトオフされて積層膜9の周囲に絶縁層13の埋込みがなされ、表面の平坦化が図られる。

図6に示すように、この平坦化された表面に、磁束ガイド層1として、例えば厚さ1～10nmのNi、Fe、Co、NiFe、CoFeの単一膜もしくは積層膜を全面的に形成する。

図7に示すように、磁束ガイド層1上に、積層膜9の第1のストライプS1と交叉する奥行き方向に延在するストライプ状の第2のマスク14を形成する。

この第2のマスク14は、上述した第1のマスク10と同様の方法によって形成することができる。

この第2のマスク14の形成は、第1のストライプ部S1との位置関係を所定の位置関係をもって形成するように、この第2のマスク14の形成におけるフォトリソグラフィに露光マスクは、前述の第1のマスク10の形成に際して用いられたフォトリソグラフィの露光マスクと位置合わせがなされて形成される。

そして、この製造方法においては、この第2のマスク14の形成においてのみ、露光マスクのマスク相互の位置合わせが、唯一行われるものである。

そして、この位置合わせは、第1のマスク10の形成位置上で、第2のマスク14が確実に交叉するように、両マスクのストライプ長の選定がなされる。

次に、図8に示すように、第2のマスク14をエッチングマス

クとして磁束ガイド層 1 とその下の積層膜 9 および絶縁層 13 を、例えば Ar イオンビームエッチングによる第 1 のパターンニング工程を行って所要のトラック幅に規定した第 2 のストライプ S2 を形成する。

5 このようにして、第 1 のパターンニング工程によって所要の奥行長 L が規定され、この第 2 のパターンニング工程で、所要のトラック幅方向の幅 W が規定された小面積の積層構造部 6 が構成される。

10 そして、特に本発明方法においては、この第 2 のパターンニング工程におけるエッチングをこのエッチングビームの入射角を、積層構造部 6 における磁束ガイド層 1 を含めた全構成材料におけるエッチング速度と、絶縁層 13 の構成材料の酸化シリコンのエッチング速度がほぼ同等となるように選定することに特徴を有する。

15 このエッチングは、図 12 に示すように、被イオンエッチング面 31 に対するイオンビーム b の入射角（被イオンエッチング面 31 の法線 32 に対する入射角） θ が、 $10^\circ \leq \theta \leq 40^\circ$ の範囲に、好ましくは $15^\circ \leq \theta \leq 35^\circ$ の範囲にすることによって上述したエッチング速度を同等にする効果が得られる。

20 このようにして、第 1 のストライプ部 S1 が所定のトラック幅 W にエッチングされ、第 1 および第 2 のストライプ部 S1 および S2 の交叉部においてのみに、磁束ガイド層 1 と、自由層 2 と、スペーサ層 5 と、固定層 3 と、反強磁性層 4 との積層による SV 型 GMR 構成あるいは TMR 構成による積層構造部 6 が形成される。

25 この場合、上述したように、酸化シリコンによる絶縁層 13 と、金属層とのエッチング速度をほぼ同等にしたことによって、積層膜 9 による構造部 6 の形成部と、これ以外の部分におけるエッ

チングの進行の差が存在する場合における、段部の発生等を回避できる。

すなわち、通常の垂直方向からのイオンビームの入射によるエッチングでは、表 5 に各材料例とそのエッチング速度を例示するように、酸化シリコンによる絶縁層 1 3 においては、そのエッチング速度が積層膜 9 における金属層の積層部に比して格段に遅いことから、積層膜 9 における積層構造部 6 のパターン形成部において良好なエッチングを行うと、絶縁層 1 3 においてエッチング残りが発生し、その後、この絶縁層 1 3 上に後述するように、硬磁性膜を形成する場合において不都合が生じる。

次に、図 9 に示すように、この第 2 のパターンニング工程によって形成された第 2 のストライプ部 S 2 の周囲の溝 G 2 を埋め込むように、ストライプ部 S 2 の厚さに対応する厚さに、酸化シリコンによる絶縁層 1 3 と硬磁性層 7 を順次マグネトロンスパッタリングあるいはイオンビームスパッタリングによって形成し、第 2 のマスク 1 4 を除去してこの上の絶縁層 1 3 と硬磁性層 7 をリフトオフする。

このようにして、表面の平坦化を行う。

このときの絶縁層 1 3 は、例えば厚さ 5 ~ 20 nm の酸化シリコンによって構成され、硬磁性層 7 は着磁によって永久磁石を構成する例えば厚さ 10 ~ 50 nm の例えば高抵抗の $\text{Co}-\gamma\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、あるいは低抵抗の CoCrPt 、 CoNiPt 、 CoPt 等によって構成する。

この場合、絶縁層 1 3 は、その形成に当たって、積層構造部 6 の周側面に被着されるようにして、この絶縁層 1 3 が、硬磁性層 7 と積層構造部 6 との間に介在されて、硬磁性層 7 が上述したような低抵抗層によって構成する場合においても積層構造部 6 と、この硬磁性層 7 とが絶縁層 1 3 の介在によって電氣的に絶縁する

ことができる。

また、この硬磁性層 7 の積層構造部 6 の積層方向に関する形成位置は、後述するように、自由層 2 および磁束ガイド層 1 に対し所定の位置関係に設定される。

5 更に、同図 9 に示すように、それぞれ最終的に必要とするストライプ状磁束ガイド層 1 の形成部および硬磁性層 7 を覆って、後に行うエッチングマスクとなりかつリフトオフに用いられる第 3 のマスク 15 を、前述の各マスクと同様に例えばフォトレジストを用いたフォトリソグラフィによって形成する。

10 そして、このマスク 15 をエッチングマスクとして、図 10 に示すように、このマスク 15 によって覆われない部分の硬磁性層 7、この下の絶縁層 13 等をエッチング除去する。

15 続いて、このエッチングによって形成された溝 G3 を埋め込んで、図 11 に示すように、酸化シリコンあるいは酸化アルミニウム等の絶縁層 23 を形成し、第 3 のマスク 15 を除去することによってこの上の絶縁層 23 をリフトオフする。

 このようにして例えば表面の平坦化がなされ、この上に第 2 の電極 12 がスパッタリング等によって形成される。

20 そして、このようにして形成されたウエーハを、図 11 に鎖線 a で示す面に沿って、例えば各 MR 素子毎に切断し、図 1 に示すように、外部磁界、すなわち検出磁界の導入面となる前方面 8 を研磨加工して目的とする磁気抵抗効果素子 MR を得る。

25 また、図 2 で示した磁気抵抗効果型磁気ヘッド H の製造においては、図 11 の第 1 および第 2 の電極 11 および 12 をそれぞれ磁気シールドを兼ねる構成とするか、あるいは電極 11 および 12 の外面に第 1 および第 2 の磁気シールド 21 および 22 (図示せず) を配置し、いわゆるシールド型構成とする。

 上述したように、本発明製造方法によって得る磁気抵抗効果素

子MR、あるいはこの素子MRを有する磁気抵抗効果型磁気ヘッドHは、磁気シールドあるいは電極11および12間に配置形成された積層構造部6すなわちいわば素子本体が、絶縁体13で包囲された構成を有し、硬磁性層7との絶縁がなされていることから、C P P型構成として両電極11および12間にセンス電流の通電がなされても、この硬磁性層7を通じてセンス電流のリークが生じることが回避される。

そして、磁束ガイド層1および自由層2と、硬磁性層7とは、この硬磁性層7によって構成された永久磁石からの磁界をトラック幅方向に沿って磁束ガイド層1と自由層2とに印加して、磁束ガイド層1および自由層2の安定化を図るものであり、これら磁束ガイド層1および自由層2と硬磁性層7とは、磁気的には静磁結合し、硬磁性層7が導電性を有する場合は、電氣的には絶縁される程度に、これら間に介在される上述した絶縁層13の膜厚は小とされる。

また、上述したように、MR素子本体、すなわち積層構造部6は、絶縁層13によって埋め込まれた構成としたことにより、磁束ガイド層1と自由層2とを電氣的に分離することなく、磁束ガイド層1を、積層構造部6に対し、その前部および背部、あるいは背部に延在して形成することができる。

そして、MR素子本体の自由層2が、その前部および背部磁束ガイド間に形成された構成とする場合、検出する磁束は、磁束ガイド層1の、前方面8に露出する前方端1aに導入され、検出部である自由層2を減衰しながら通り、背部磁束ガイド終端でゼロとなる。

つまり、背部磁束ガイドを設けた場合、磁束検出部を通過する磁束量は、背部磁束ガイドが無い場合に比べて増えることになる。このことによって磁束ガイドを備えたS V型GMR型およびT

MR型再生ヘッドの出力信号は大となる。すなわち、磁束ガイド層1が高感度磁気ヘッドの実現において極めて重要であることが理解できる。

そして、磁気シールド間の間隔、すなわち磁気ギャップ長は、
5 目標とする磁気ヘッドの記録密度によって制限される空間分解能によって、例えば 100 Gb/inch^2 を目標とするときは、 $50 \sim 100\text{ nm}$ の範囲に選定される。

一方、磁束ガイド層1および自由層2は、このギャップ間のほぼ中央に位置されるように、例えば第2の電極11の厚さ等の選
10 定がなされる。

上述したように、本発明製造方法においては、第2のパターニング工程におけるイオンビームエッチングのビーム入射角 θ の選定によってエッチング速度の均等化を図るものであるが、これについて説明すると、図13は、Arイオンビームエッチングにお
15 いて、そのビームの入射角 θ を変化させて、それぞれ被エッチング層の材料を変化させたときの各エッチングレートの測定結果を示すもので、同図において、曲線16a, 16bおよび16cは、それぞれSV型GMR構成による積層膜9に対するエッチングレートの測定結果、酸化シリコンに対する同様の測定結果、酸化
20 アルミニウムに対するエッチングレートの測定結果をプロットしたものである。

これら曲線より明らかなように、絶縁層13として酸化シリコンを用い、かつ例えばアルゴンイオンビームの入射角 θ を、 $10^\circ \sim 40^\circ$ とすることによって積層膜9と酸化シリコン膜のエ
25 ッチングレートの差を、 $\pm 10\%$ 以内に収めることができ、また $15^\circ \sim 35^\circ$ の範囲とすることによって $\pm 5\%$ 以内に収めることができる。

更に、ボトム型のSV型GMR素子において、そのエッチング

角度（ビームの入射角 θ を、それぞれ -5° , -15° , -25° , -40° にしたときの、各構成材料層におけるエッチング速度、各層の膜厚とエッチング時間との関係を、それ表1～表4に列記する。

(表1)

エッチング角度 $\theta = -5^\circ$ の場合

| 材料 | 膜名 | エッチング 速度 (nm/min) | エッチング 厚 (nm) | エッチング 所要時間 (min) |
|-----------|--------|-------------------------|--------------------|------------------------|
| N i F e | 磁束ガイド層 | 9 | 4 | 0.44 |
| C o F e | 自由層 | 9 | 1 | 0.11 |
| C u | スペーサ層 | 15 | 2.5 | 0.17 |
| C o F e | 固定層 | 9 | 3 | 0.33 |
| P t M n | 反強磁性層 | 12 | 15 | 1.25 |
| T a | 電極 | 7 | 5 | 0.71 |
| 上記全層の総計 | | | 30.5 | 3.02 |
| 酸化シリコン層 | 絶縁層 | 9 | 27.2 | 3.02 |
| 酸化アルミニウム層 | 絶縁層 | 4 | 12.1 | 3.02 |

(表 2)

エッチング角度 $\theta = -15^\circ$ の場合

| 材料 | 膜名 | エッチング 速度 (nm/min) | エッチング 厚 (nm) | エッチング 所要時間 (min) |
|---------------|--------|-------------------------|--------------------|------------------------|
| N i F e | 磁束ガイド層 | 9 | 4 | 0. 4 4 |
| C o F e | 自由層 | 9 | 1 | 0. 1 1 |
| C u | スペーサ層 | 1 6 | 2. 5 | 0. 1 6 |
| C o F e | 固定層 | 9 | 3 | 0. 3 3 |
| P t M n | 反強磁性層 | 1 2 | 1 5 | 1. 2 5 |
| T a | 電極 | 7 | 5 | 0. 7 1 |
| 上記全層の総計 | | | 3 0. 5 | 3. 0 1 |
| 酸化シリコ ン層 | 絶縁層 | 1 0. 5 | 3 1. 6 | 3. 0 1 |
| 酸化アルミ ニウム層 | 絶縁層 | 4 | 1 2. 0 | 3. 0 1 |

(表 3)

エッチング角度 $\theta = -25^\circ$ の場合

| 材料 | 膜名 | エッチング 速度 (nm/min) | エッチング 厚 (nm) | エッチング 所要時間 (min) |
|---------------|--------|-------------------------|--------------------|------------------------|
| N i F e | 磁束ガイド層 | 1 1 | 4 | 0 . 3 6 |
| C o F e | 自由層 | 1 1 | 1 | 0 . 0 9 |
| C u | スペーサ層 | 1 9 | 2 . 5 | 0 . 1 3 |
| C o F e | 固定層 | 1 1 | 3 | 0 . 2 7 |
| P t M n | 反強磁性層 | 1 4 | 1 5 | 1 . 0 7 |
| T a | 電極 | 9 | 5 | 0 . 5 6 |
| 上記全層の総計 | | | 3 0 . 5 | 2 . 4 9 |
| 酸化シリコ ン層 | 絶縁層 | 1 2 | 2 9 . 8 | 2 . 4 8 |
| 酸化アルミ ニウム層 | 絶縁層 | 4 . 5 | 1 1 . 2 | 2 . 4 9 |

(表 4)

エッチング角度 $\theta = -40^\circ$ の場合

| 材料 | 膜名 | エッチング 速度 (nm/min) | エッチング 厚 (nm) | エッチング 所要時間 (min) |
|-----------|--------|-------------------------|--------------------|------------------------|
| N i F e | 磁束ガイド層 | 1 2 | 4 | 0 . 3 3 |
| C o F e | 自由層 | 1 2 | 1 | 0 . 0 8 |
| C u | スペーサ層 | 2 2 | 2 . 5 | 0 . 1 1 |
| C o F e | 固定層 | 1 2 | 3 | 0 . 2 5 |
| P t M n | 反強磁性層 | 1 5 | 1 5 | 1 . 0 0 |
| T a | 電極 | 1 0 | 5 | 0 . 5 0 |
| 上記全層の総計 | | | 3 0 . 5 | 2 . 2 8 |
| 酸化シリコン層 | 絶縁層 | 1 4 | 3 1 . 9 | 2 . 2 7 |
| 酸化アルミニウム層 | 絶縁層 | 5 . 5 | 1 2 . 5 | 2 . 2 7 |

(表 5)

エッチング角度 $\theta = 0^\circ$ の場合

| 材料 | 膜名 | エッチング 速度 (nm/min) | エッチング 厚 (nm) | エッチング 所要時間 (min) |
|---------------|--------|-------------------------|--------------------|------------------------|
| N i F e | 磁束ガイド層 | 8. 5 | 4 | 0. 4 7 |
| C o F e | 自由層 | 9 | 1 | 0. 1 1 |
| C u | スペーサ層 | 1 4. 5 | 2. 5 | 0. 1 7 |
| C o F e | 固定層 | 9 | 3 | 0. 3 3 |
| P t M n | 反強磁性層 | 1 2 | 1 5 | 1. 2 5 |
| T a | 電極 | 7 | 5 | 0. 7 1 |
| 上記全層の総計 | | | 3 0. 5 | 3. 0 5 |
| 酸化シリコ ン層 | 絶縁層 | 8. 2 | 2 5. 0 | 3. 0 5 |
| 酸化アルミ ニウム層 | 絶縁層 | 3. 2 | 9. 8 | 3. 0 5 |

図 1 3 および表 1 ~ 4 により明らかなように、積層膜 9 のエッチング所要時間と絶縁層 1 3 を、酸化シリコンとすると、酸化シリコンの厚さを大きくしてもそのエッチング所要時間を近似させることが分かる。これに対し酸化アルミニウムにおいては、エッチング所要時間を近似できる厚さは小で実用に適さない。

そして、この例では S V 型 G M R 積層構造とした場合であるが、T M R 積層構造部にあつてはトンネル障壁層を構成する例えば酸化アルミニウム A l₂ O₃ がスペーサ層として介在されるものの、この絶縁層は例えば 0. 6 nm 程度という極薄の絶縁層であつてこの T M R 積層構造部においても実質的に金属層の積層構造であることから、エッチングの均一化を、同様に、エッチングビームの入射角 θ の選定によってほぼ同一エッチングレートになるようにすることができる。

そして、前述したように、磁束ガイド層 1 と自由層 2 とにおける端部に生じる磁区を解消してバルクハンゼンジャンプの回避を図るには、硬磁性層 7 による永久磁石の磁気モーメントとその膜厚との積は、磁束ガイド層 1 と自由層 2 とにおけるそれと同程度以上にする必要があるであり、一般に硬磁性層 7 の磁気モーメントは、磁束ガイド層 1 および自由層 2 のそれより小さいことから、硬磁性層 7 の厚さは、磁束ガイド層 1 および自由層 2 の厚さよりかなり大に選定される。そして、この硬磁性層 7 によるバイアス磁界が、磁束ガイド層 1 と自由層 2 に効率良く印加される構成とするには、少なくともこれら磁束ガイド層 1 と自由層 2 の両側端面が、硬磁性層 7 の対応する端面と正対する位置関係にあることが必要である。

図 1 4 は、上記条件を満たす磁束ガイド層 1 および素子本体、すなわち積層構造部 6 と、その両外側に配置される磁束ガイド層 1 および自由層 2 に対する安定化バイアス磁界を与える硬磁性層 7 との幾何学的配置を示した。同図において A は、その斜視図で、図 B および図 C はそれぞれ図 A の B - B 線および C - C 線の概略断面図を示す。

図 1 4 においては、図 C で示す断面、すなわち外部磁界の導入面となる前方面における硬磁性層 7 の磁束ガイド層 1 に対する配置と、図 B で示す M R 素子本体の積層構造部 6 の配置部における硬磁性層 7 の配置位置関係が、同一面として形成される。

これに対して、前述した絶縁層 1 3 が、例えば A 1₂ O₃ などのエッチング速度が M R 本体の多層膜と大きく異なり低エッチング速度になる場合、図 1 5 A に斜視図を示し、図 B および図 C に、それぞれ図 A の B - B 線および C - C 線の概略断面図を示すように、図 B において磁束ガイド層 1 と硬磁性層とが例えば一平面であるとき、図 C で示すように、M R 素子本体の多層膜構造の積

層構造部 6 においては段差を生じる。

したがって、これらにおいては、前方面 8 における磁気ギャップ長が広がり素子空間分解能を低下させる。

また、これを避けるために、成膜する硬磁性層 7 を薄層化した場合には、図 1 6 A に斜視図を示し、図 B および図 C に、それぞれ図 A の B - B 線および C - C 線の概略断面図を示すように、MR 素子本体の積層構造部 6 においては図 B に示すように、その両外側端に硬磁性層 7 を配置することができず、十分な外部磁界応答の安定化を行うことができない。

すなわち、素子の空間分解能および動作安定性最適化のために、素子本体の自由層と磁束ガイドが、同一の安定化バイアスを受ける必要があり、これがためには同じ幾何学的配置となる必要がある。

金属磁性多層膜による積層構造部 6 において、そのエッチング速度が速い場合、素子部および磁束ガイド両方を安定化するために、硬磁性層 7 を、同一エッチング速度の場合と比べて増厚する必要がある。そのとき、前方面に臨む磁束ガイド層 1 の先端すなわち前部、および積層構造部 6 より後方に位置する磁束ガイド層の背部における両端部の磁気ギャップ長が広がり、空間分解能の低下を引き起こす。このように磁束ガイドを上下電極および素子部から電流パスによる損失をなくすために、電氣的絶縁膜がなされる場合に、磁束ガイド層 1 の上下の一方、あるいは両方に設けられる絶縁層 1 3 のエッチング速度を、上述したように、積層構造部 6 における磁性多層膜のエッチング速度と同程度に選定したことで、動作安定性および空間分解能が劣化することを防ぐことができるのである。

上述したように、本発明製造方法によれば、第 2 のパターンニング工程におけるエッチング速度の均等化を図った場合の最終的に

得られる硬磁性層 7 と磁束ガイド層 1 と自由層 2 との位置関係を、良好な配置関係に設定することができ、安定して均一な特性を有する目的とする M R 素子、および M R 型磁気ヘッドを構成できるものである。

5 そして、磁束ガイド層 1 の前方端もしくは素子本体の積層構造部 6 を臨ましめる前方面 8 における磁気シールド 2 1 および 2 2 間で規定される磁気ギャップ長は、全トラック幅に渡って一定であることが、シールド型構成において、その空間的な磁束の、時間変化に対する分解能を高める上で重要である。

10 上述したように、磁束ガイド層 1 を設けることにより、検出磁界を効率良く抵抗変化として検出することができるものであるが、本発明製造方法では、この磁束ガイド層を具備する磁気抵抗効果素子および磁気抵抗効果型磁気ヘッドを製造する方法として、素子本体を構成する積層膜に対する奥行長を規定する第 1 のパターニングと、このパターニングによって形成された部分を埋込む絶縁層 1 3 の形成と、磁束ガイド層の形成とを行い、この磁束ガイド層のパターニングと、上述した積層膜の規定とを同時に行う第 2 のパターニングとを行う方法を採用するものである。

15 この方法によって、露光マスク合わせは、第 1 および第 2 のパターニングの相互の露光マスク合わせにおける実質的に一度の露光マスク合わせのみで行うというものであり、このようにしたことによって製造の簡潔化のみならず、素子本体の高精度パターン化、すなわち例えば $100\text{Gb}/\text{inch}^2$ に及ぶ高記録密度の再生を可能にし、歩留りの向上、信頼性の向上を図ることができるものである。

20 この場合、第 2 のパターニングにおいて行われるエッチングが、積層構造材料構成を異にする、特に絶縁層 1 3 が存在する部分と、存在しないもしくは殆ど存在しない部分とを同時にエッチン

グする作業を伴い、通常の方法では絶縁層のエッチング速度はきわめて遅いことから、均一なエッチングを阻害し、前述した不都合を招来する。

ところが、本発明方法においては、このエッチングにおける角度の選定によってエッチング速度の均一化を図ることによって、この問題を解決することができるものである。

尚、上述した例では、MR素子本体を構成する積層構造部6が、ボトム型のSV型GMRあるいはTMR構成とした場合であるが、このような例に限られるものではない。

また、上述した例ではシングル型のSV型GMRあるいはTMR構成とした場合であるが、図17にその概略断面図を示すように、磁束ガイド層1を挟んでその両面にそれぞれ例えば自由層2、スペーサ層5、固定層3、反強磁性層4を配置したデュアル型構造とすることができ、この場合は、磁気ギャップの中心部に磁束ガイド層1および自由層2が配置されることと、対のSV型GMR素子あるいはTMR素子が配置用いられることによって出力の向上が図られる。

また、本発明によって構成する磁気ヘッドHは、磁気記録媒体上の記録情報を再生する磁気ヘッドであることから、例えば薄膜型の誘導型記録磁気ヘッドと重ね合わせて一体化して記録再生磁気ヘッドを構成することができる。

この場合の一例を図18の斜視図を参照して説明する。

この例においては、基板41上に、第1および第2の磁気シールド兼電極51および52間に上述した本発明製造方法によって作製した磁気ヘッドHが構成され、第2の磁気シールド兼電極51上に、例えば電磁誘導型の薄膜磁気記録ヘッド130を積層することによって磁気記録再生ヘッドとして構成することができる。

記録ヘッド 130 は、前方面 8 に臨む部分において磁気ギャップを構成する例えば SiO_2 等より成る非磁性層 131 が形成される。

そして、後方部上に、例えば導電層がパターンニングされて成る
5 コイル 132 が形成され、このコイル 132 上には、絶縁層が被覆され、このコイル 132 の中心部には、絶縁層および非磁性層 131 に透孔 133 が穿設されて第 2 のシールド兼電極 22 を露出する。

一方、非磁性層 131 上に、前方面 3 の前方端を臨ませ、コ
10 イル 132 の形成部上を横切って透孔 133 を通じて露出する第 2 のシールド兼電極層 2 上に接触して磁気コア層 134 を形成する。

このようにして磁気コア層 134 の前方端と第 2 のシールド兼
15 電極層 52 との間に非磁性層 131 の厚さによって規定された磁気ギャップ g が形成された電磁誘導型の薄膜記録磁気ヘッド 130 を構成する。

この磁気ヘッド 130 上には、鎖線図示のように、絶縁層による保護層 135 が形成される。

このようにして、本発明による磁気抵抗効果型の再生磁気ヘッ
20 ド H と、薄膜型の記録ヘッド 130 とが積層されて一体化されてなる記録再生磁気ヘッドを構成することができる。

尚、本発明製造方法、またこれによって得る MR 素子、MR 型
25 磁気ヘッドは、上述した例に限定されるものではなく、種々の構造、構成による MR 素子、MR 型磁気ヘッドの製造に適用することができる。

上述したように、本発明製造方法では、磁束ガイド層を具備する高出力、高感度の磁気抵抗効果素子、およびこれによって感磁部を構成する磁気ヘッドを、第 1 のパターンニング、絶縁層の形成

、エッチングビームの入射角選定によるエッチング速度の均一化を図った第2のパターニング工程によって、所要の幅および奥行きを有するSV型GMR構成あるいはTMR構成の積層構造部による素子本体の形成、更に磁束ガイド層の形成を行うことができ、特に硬磁性層の、自由層および磁束ガイド層との位置関係を、所定の位置関係に確実に設定することができる効果を奏するものである。

そして、また本発明方法によれば、露光マスク合わせは、第1および第2のパターニングの相互の露光マスク合わせにおける実質的に一度の露光マスク合わせのみで行うというものであり、このようにしたことによって製造の簡潔化のにならず、素子本体の高精度パターン化、すなわち例えば100Gb/inch²に及ぶ高記録密度の再生を可能にし、歩留り、信頼性の向上を図ることができるものである。

請 求 の 範 囲

1. 少なくとも、磁束ガイド層と、外部磁界に応じて磁化が回転する軟磁性材料から成る自由層、あるいは該自由層兼上記磁束ガイド層と、強磁性材料から成る固定層と、該固定層の磁化を固定する反強磁性層と、上記自由層と上記固定層との間に介在されるスペーサ層とが積層された積層構造部を有する磁気抵抗効果素子の製造方法であって、

少なくとも、上記反強磁性層と、上記固定層と、上記スペーサ層とを有する積層膜を形成する成膜工程と、

該積層膜を所定のパターンにパターニングする第1のパターニング工程と、

該パターニングされた積層膜の周囲に絶縁層を埋込む工程と、

該絶縁層と上記パターニングされた積層膜上に差し渡って上記磁束ガイド層もしくは上記自由層兼磁束ガイド層を成膜する工程と、

該磁束ガイド層と上記積層膜とを同時に所定のパターンにパターニングして上記積層構造部を形成するビームエッチングによる第2のパターニング工程とを有し、

該第2のパターニングを、エッチングビームの入射角の選定によって、上記積層構造部の構成材料と、上記絶縁層の構成材料とがほぼ同一エッチング速度となるエッチングによって行うことを特徴とする磁気抵抗効果素子の製造方法。

2. 上記絶縁層がシリコン酸化膜によって構成されたことを特徴とする請求項1に記載の磁気抵抗効果素子の製造方法。

3. 上記エッチングビームの入射角を、エッチング面の法線に対する角度 θ が、 $10^{\circ} \leq \theta \leq 40^{\circ}$ に選定することを特徴とする請求項1に記載の磁気抵抗効果素子の製造方法。

4. 感磁部が、少なくとも、磁束ガイド層と、外部磁界に応じて磁化が回転する軟磁性材料から成る自由層、あるいは該自由層兼上記磁束ガイド層と、強磁性材料から成る固定層と、該固定層の磁化を固定する反強磁性層と、上記自由層と上記固定層との間に介在されるスペーサ層とが積層された積層構造部を有する磁気抵抗効果素子より成る磁気抵抗効果型磁気ヘッドの製造方法であって、

少なくとも、上記反強磁性層と、上記固定層と、上記スペーサ層とを有する積層膜を形成する成膜工程と、

該積層膜を所定のパターンにパターニングする第1のパターニング工程と、

該パターニングされた積層膜の周囲に絶縁層を埋込む工程と、

該絶縁層と上記パターニングされた積層膜上に差し渡って上記磁束ガイド層もしくは上記自由層兼磁束ガイド層を成膜する工程と、

該磁束ガイド層と上記積層膜とを同時に所定のパターンにパターニングして上記積層構造部を形成するビームエッチングによる第2のパターニング工程とを有し、

該第2のパターニングを、エッチングビームの入射角の選定によって、上記積層構造部の構成材料と、上記絶縁層の構成材料とがほぼ同一エッチング速度となるエッチングによって行うことを特徴とする磁気抵抗効果型磁気ヘッドの製造方法。

5. 上記絶縁層がシリコン酸化膜によって構成されたことを特徴とする請求項1に記載の磁気抵抗効果型磁気ヘッドの製造方法。

6. 上記エッチングビームの入射角を、エッチング面の法線に対する角度 θ が、 $10^{\circ} \leq \theta \leq 40^{\circ}$ に選定することを特徴とす

る請求項 4 に記載の磁気抵抗効果型磁気ヘッドの製造方法。

5

10

15

20

25

FIG. 1A

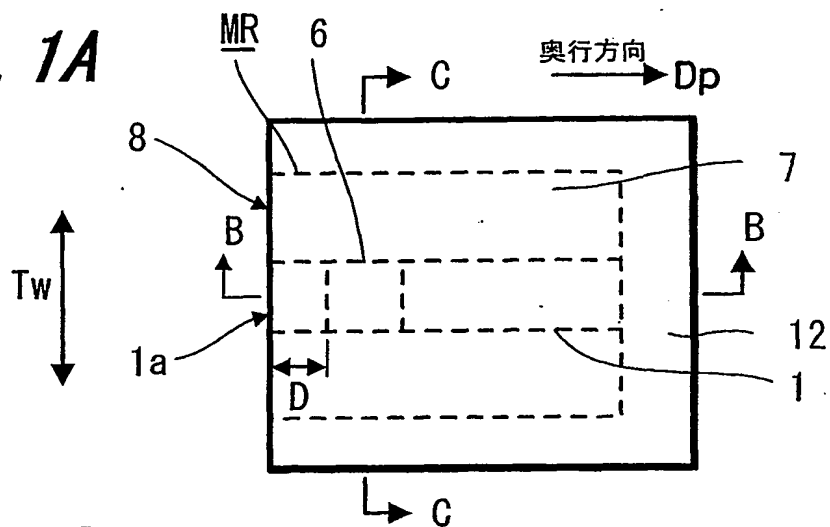


FIG. 1B

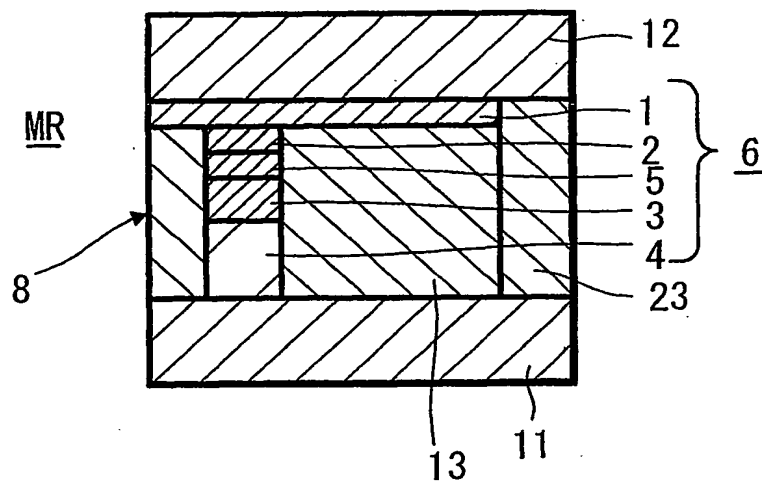


FIG. 1C

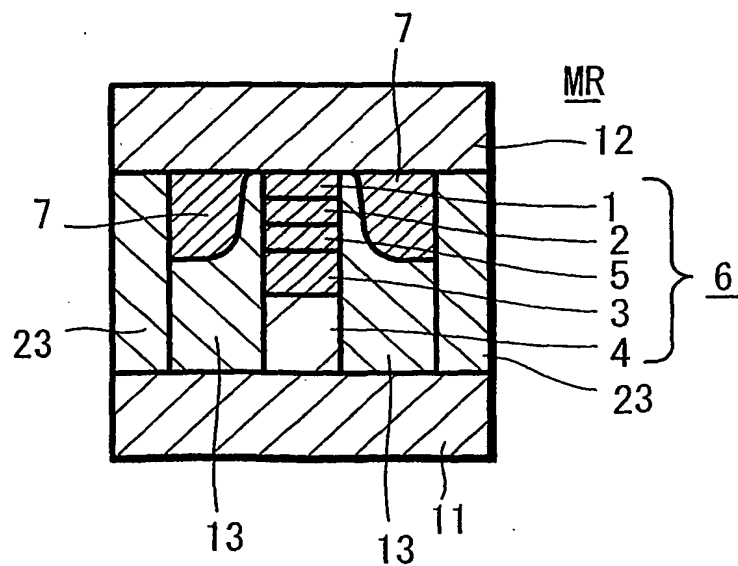


FIG. 2A

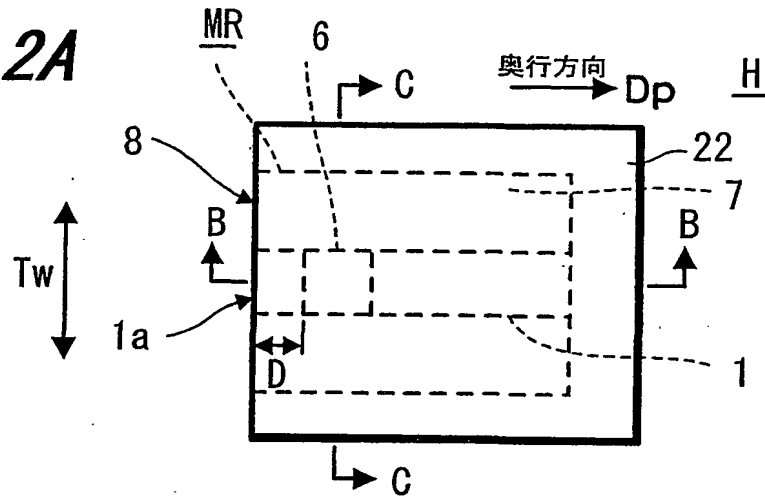


FIG. 2B

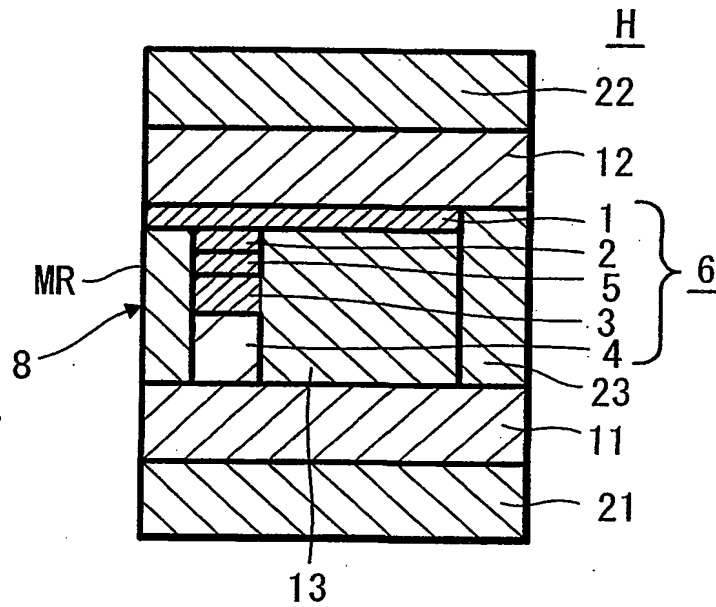


FIG. 2C

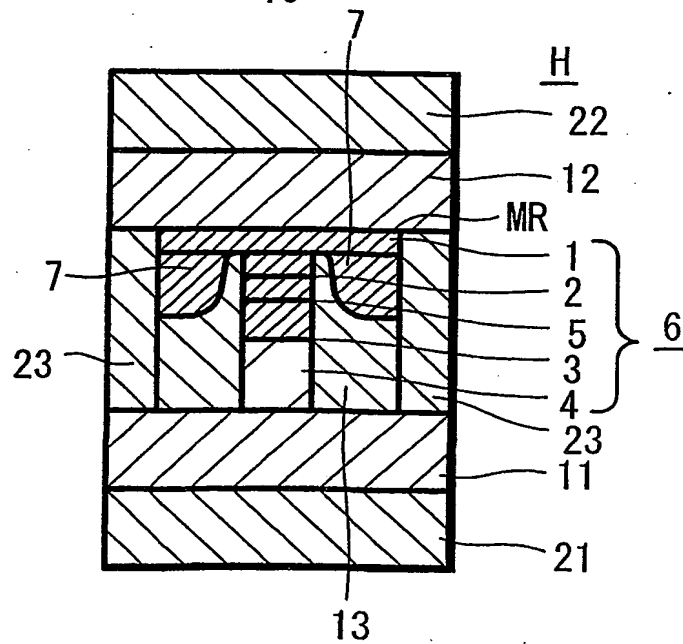


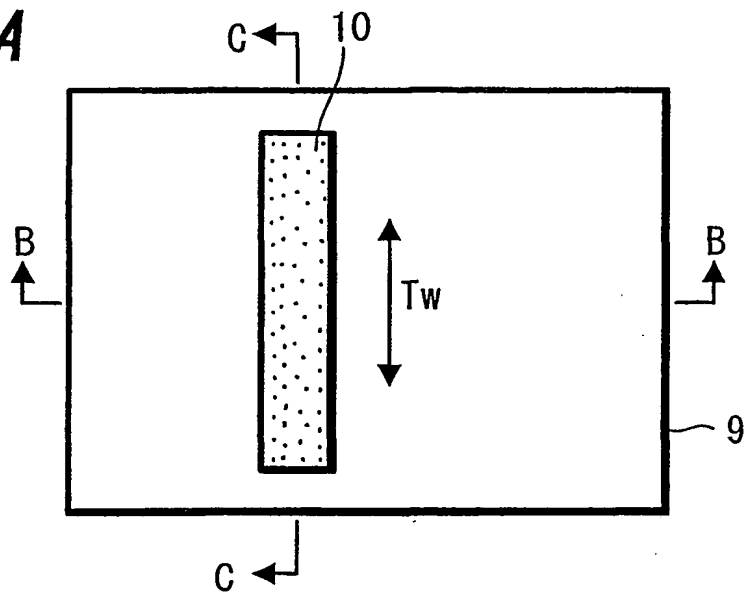
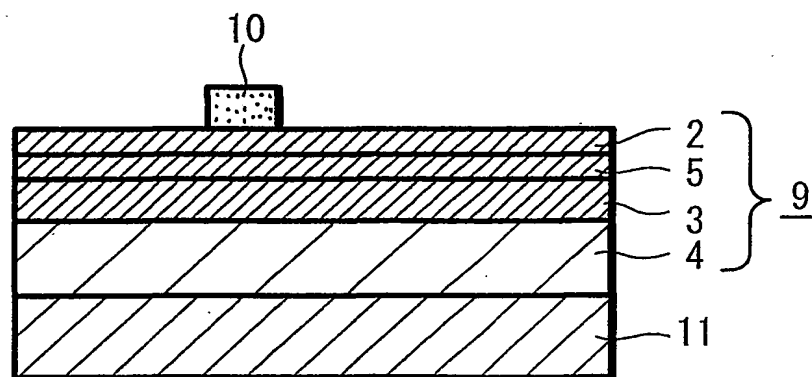
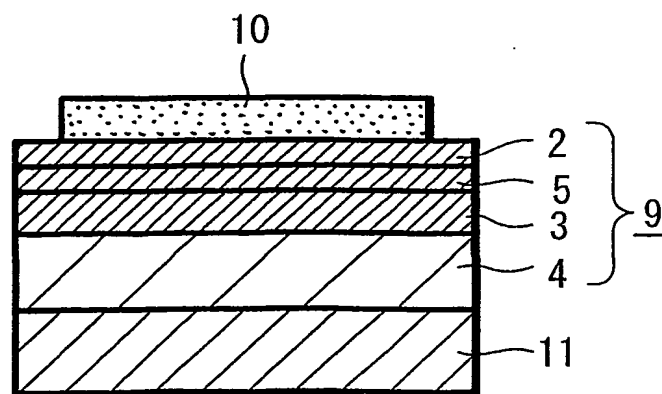
FIG. 3A**FIG. 3B****FIG. 3C**

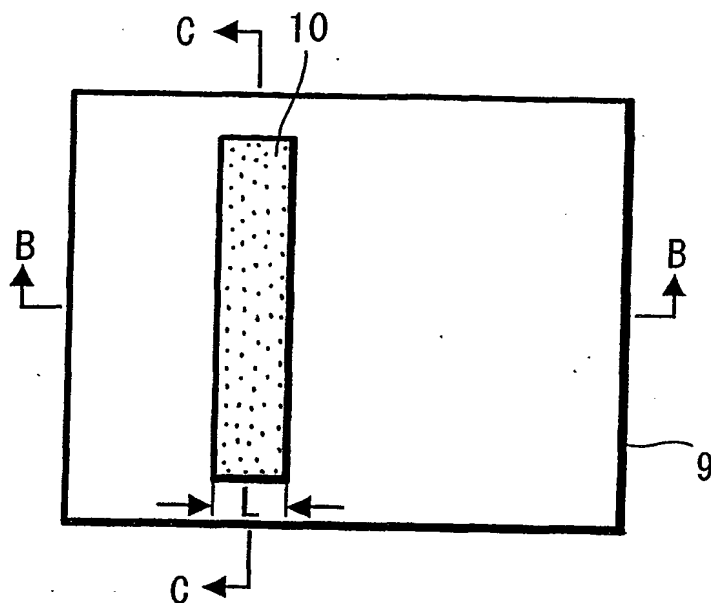
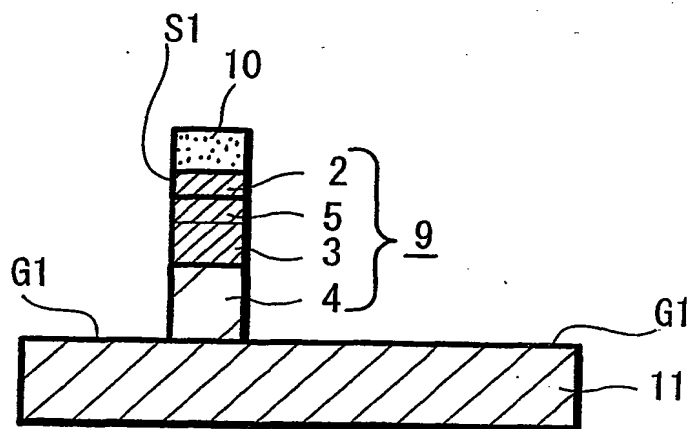
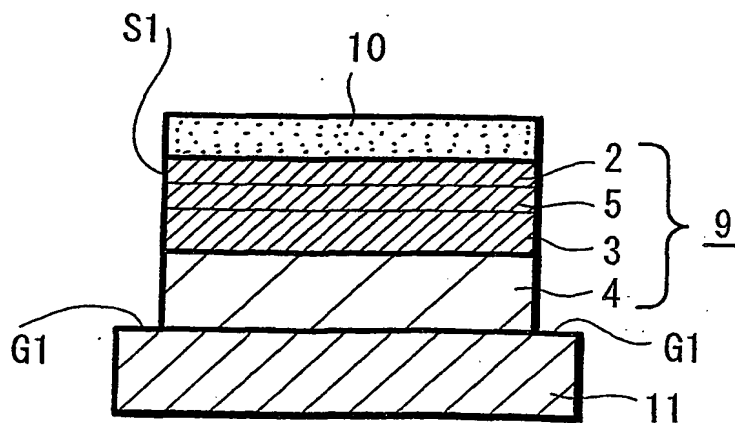
FIG. 4A**FIG. 4B****FIG. 4C**

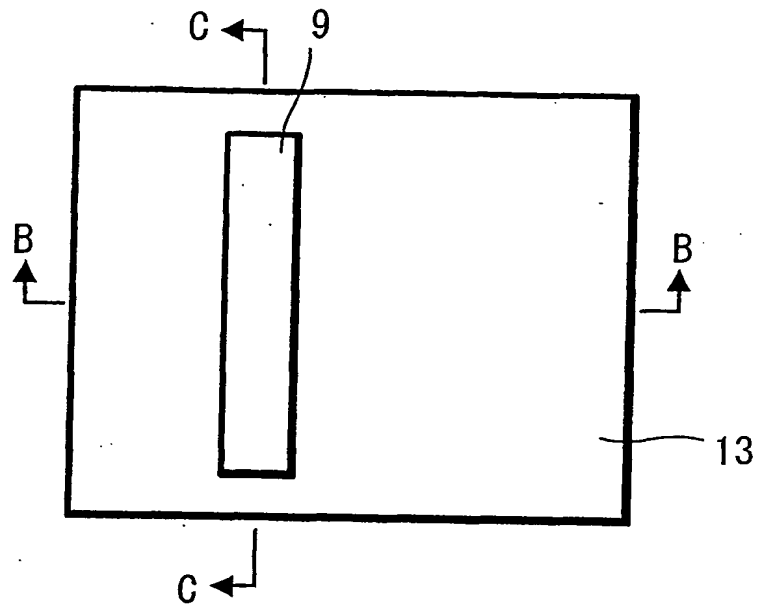
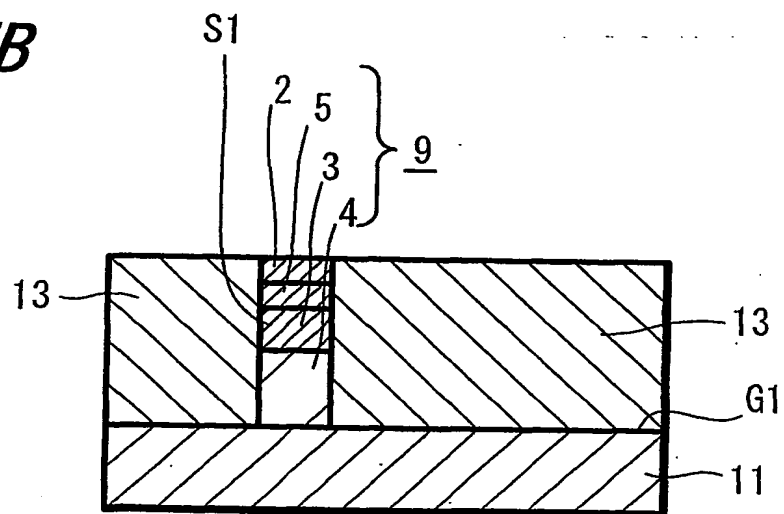
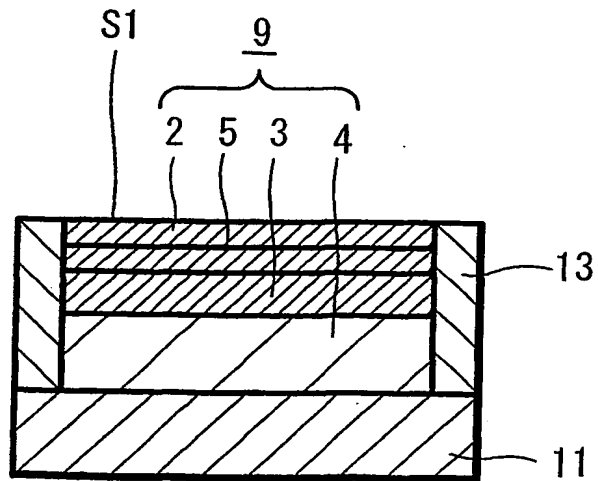
FIG. 5A**FIG. 5B****FIG. 5C**

FIG. 6A

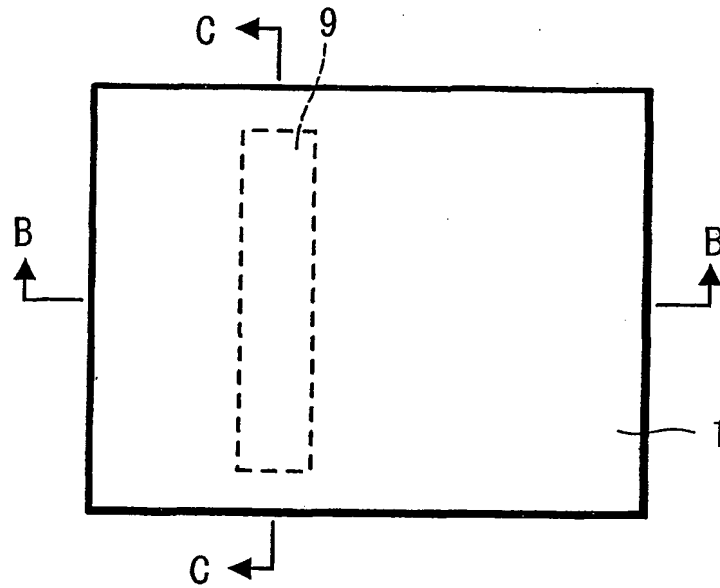


FIG. 6B

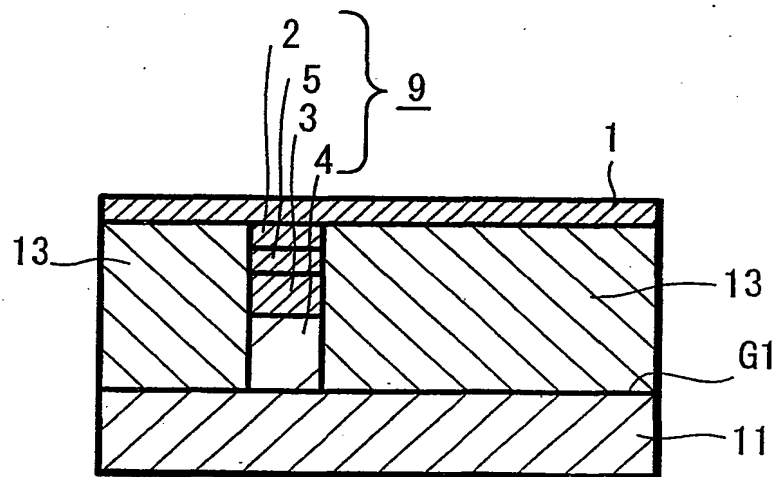


FIG. 6C

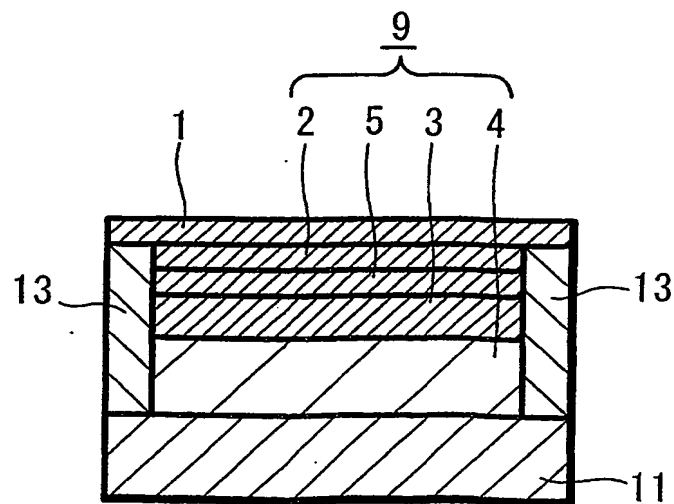


FIG. 7A

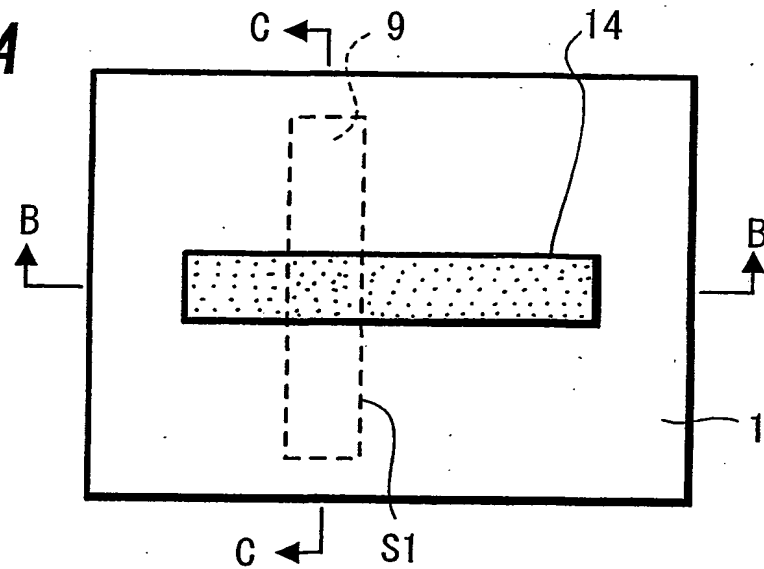


FIG. 7B

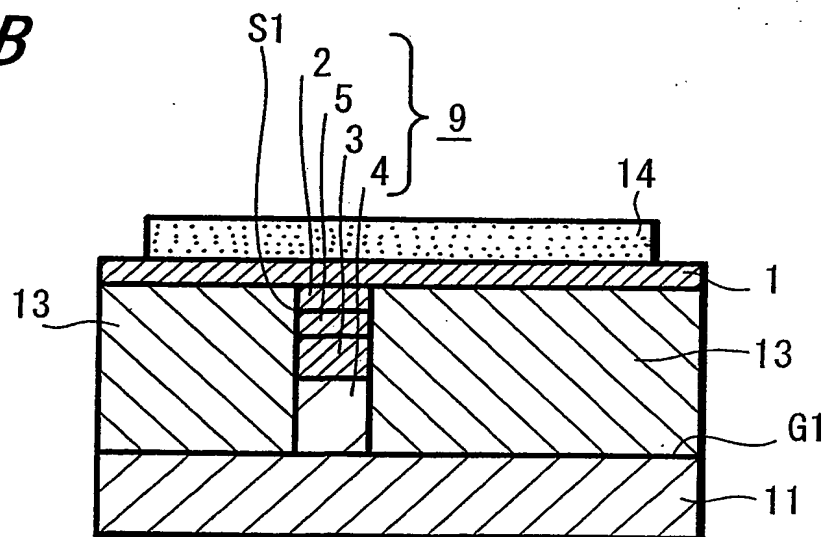


FIG. 7C

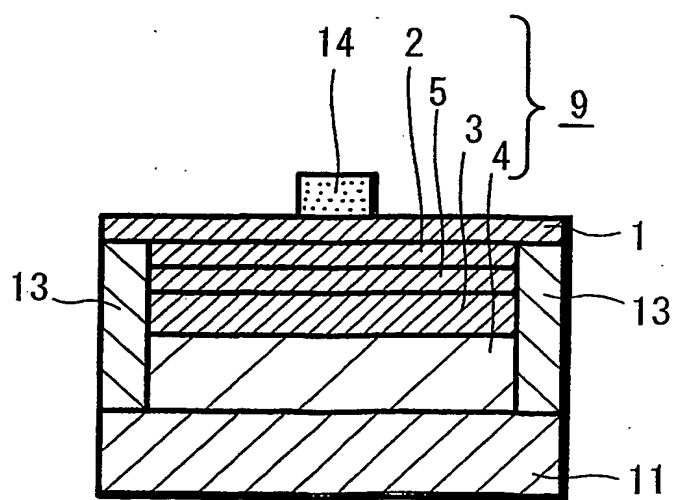


FIG. 8A

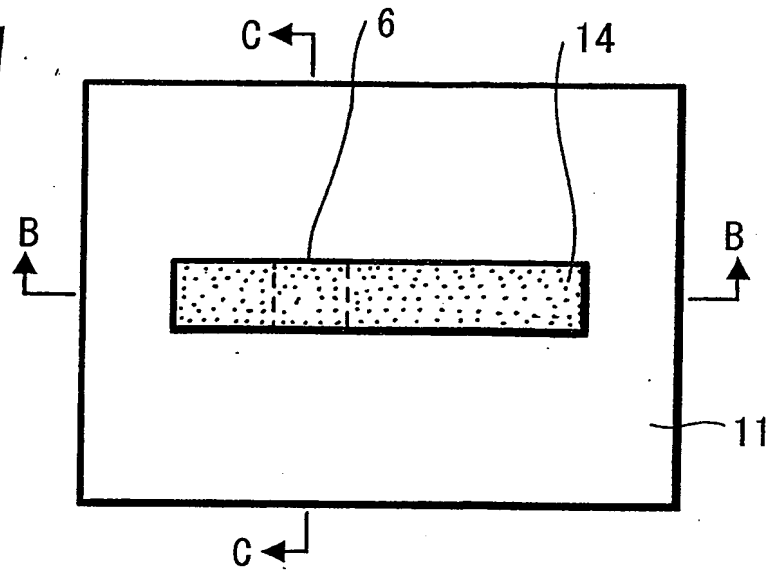


FIG. 8B

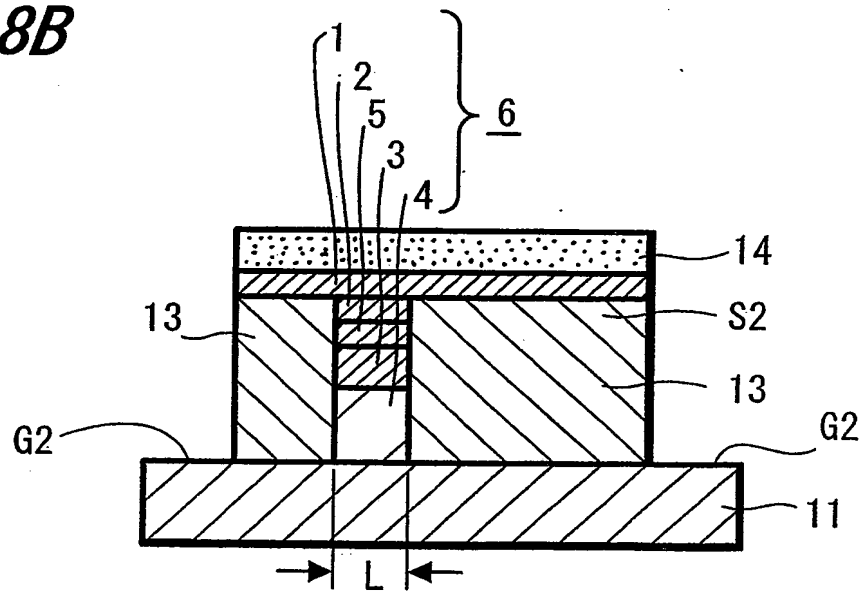


FIG. 8C

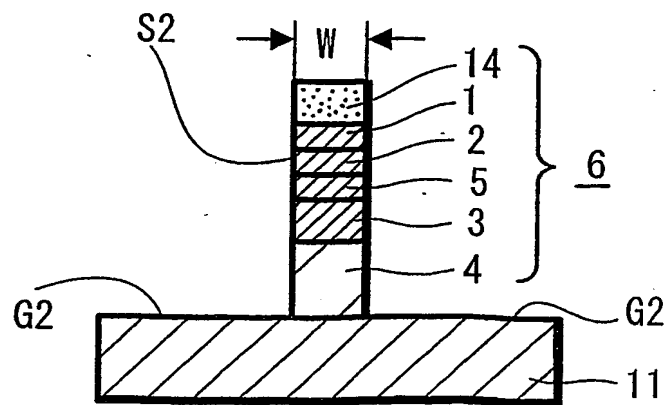


FIG. 9A

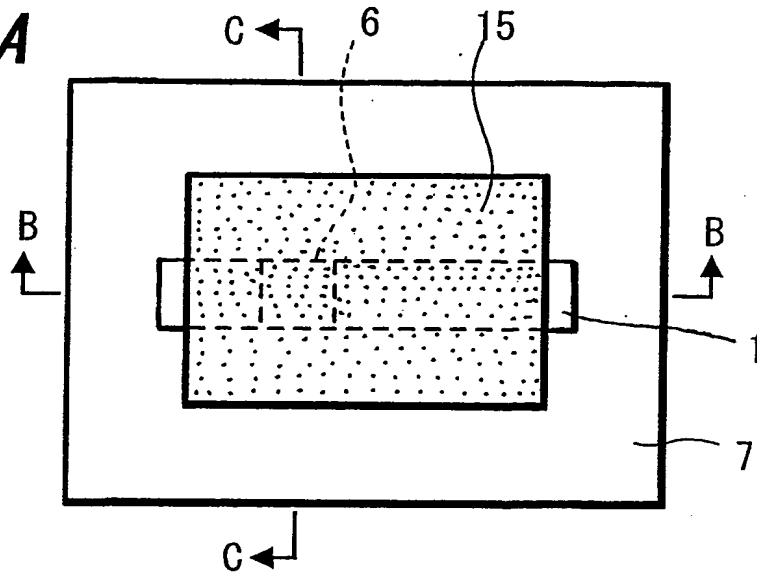


FIG. 9B

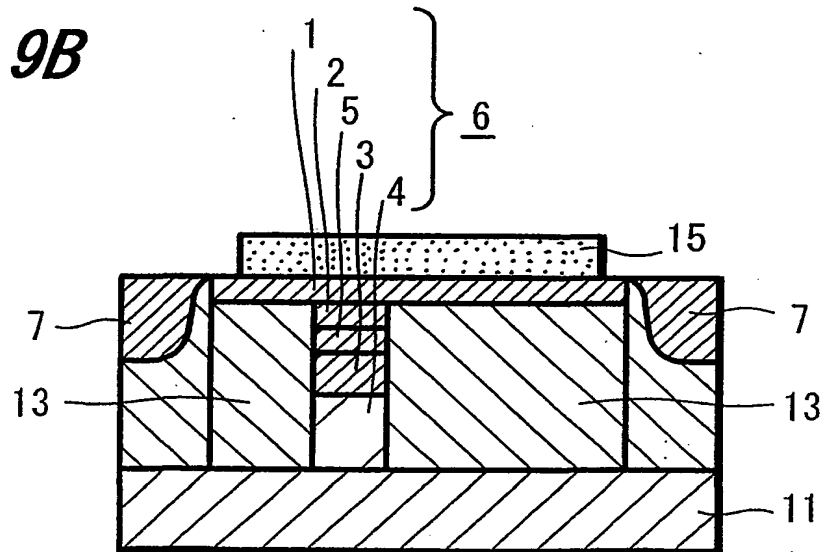


FIG. 9C

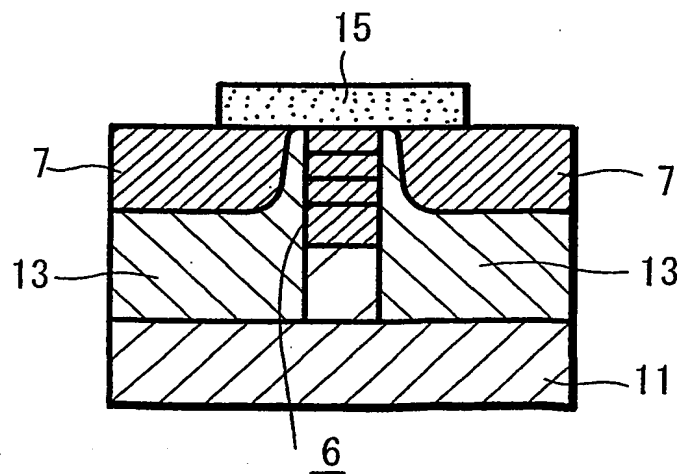


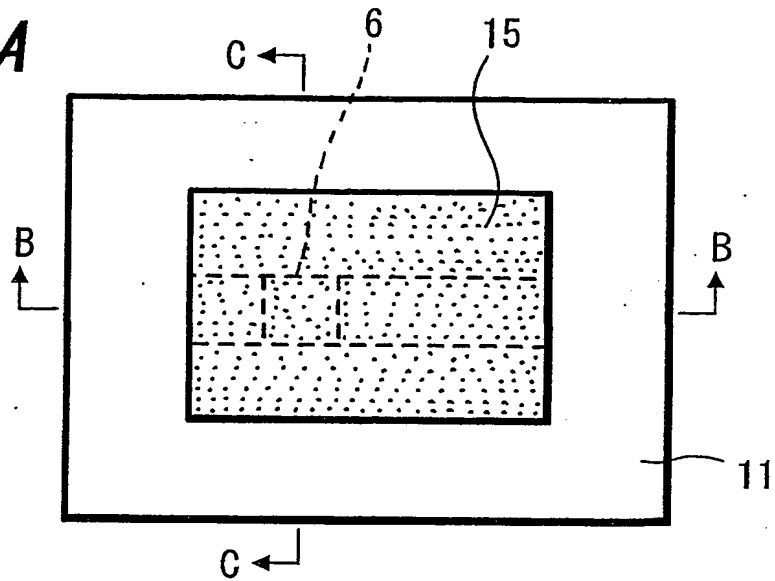
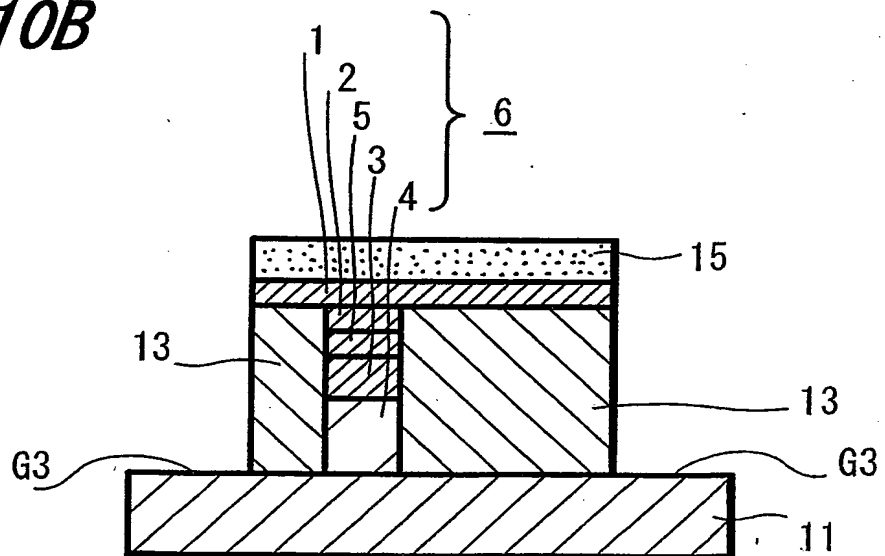
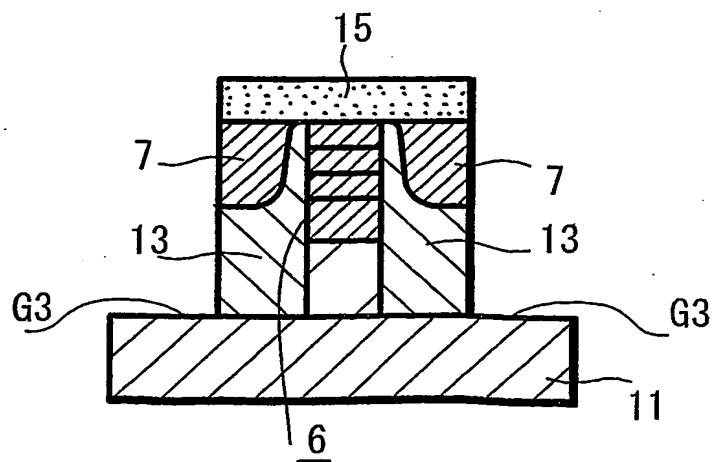
FIG. 10A**FIG. 10B****FIG. 10C**

FIG. 11A

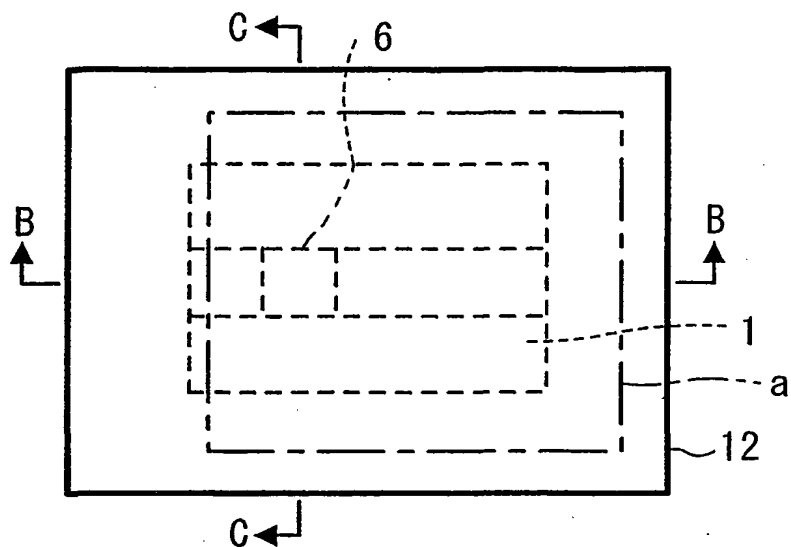


FIG. 11B

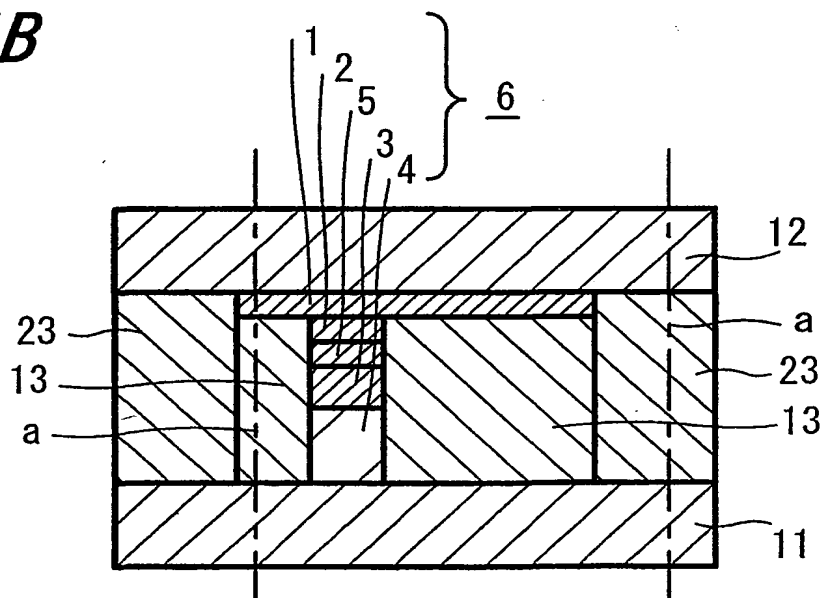


FIG. 11C

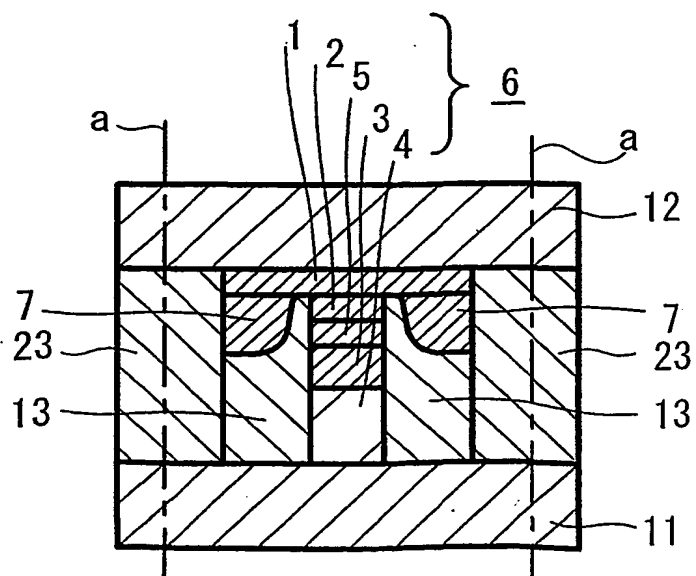


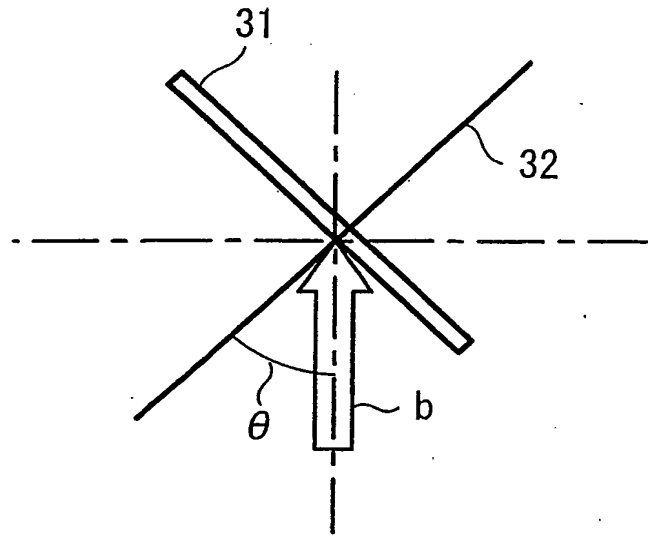
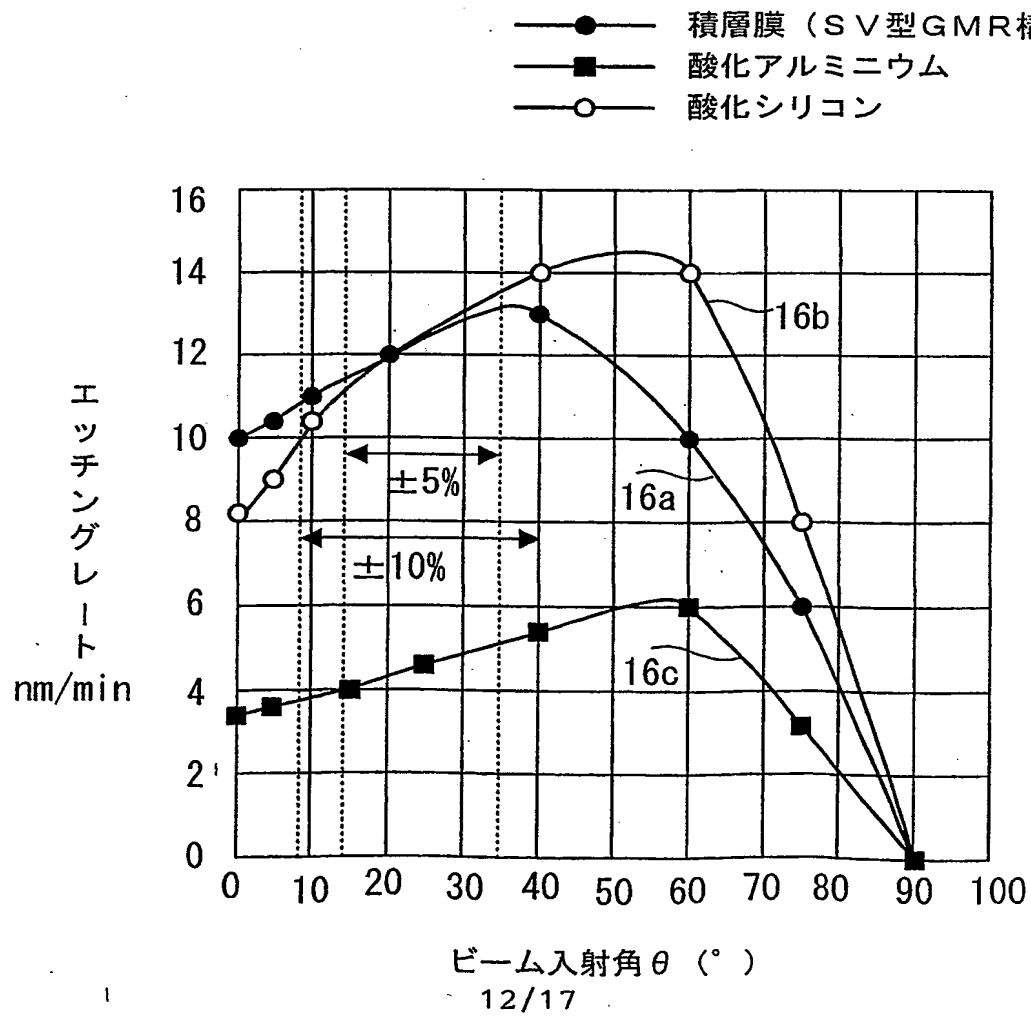
FIG. 12**FIG. 13**

FIG. 14A

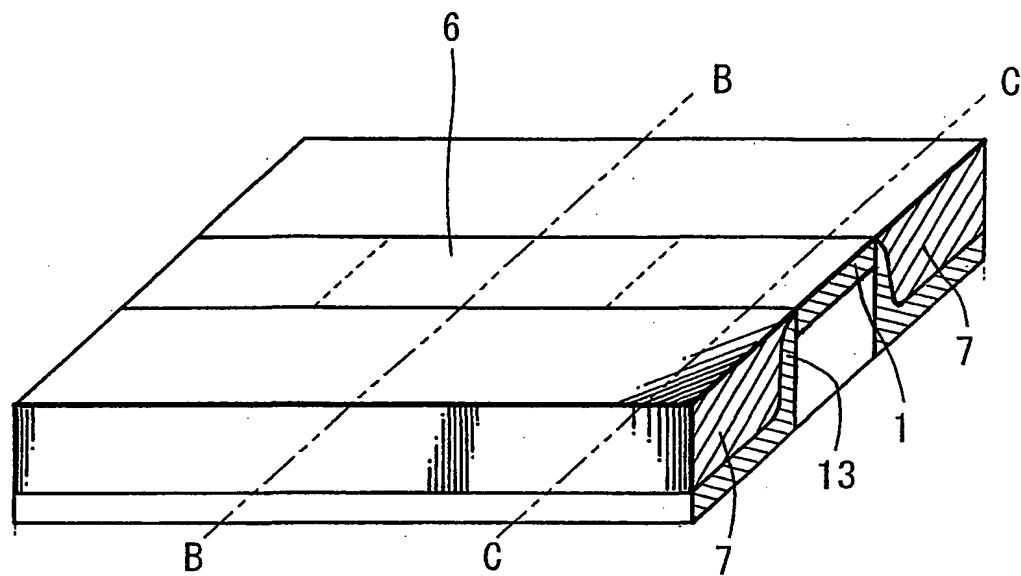


FIG. 14B

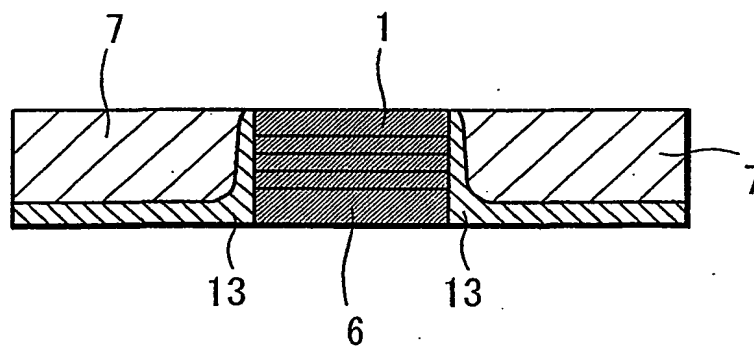


FIG. 14C

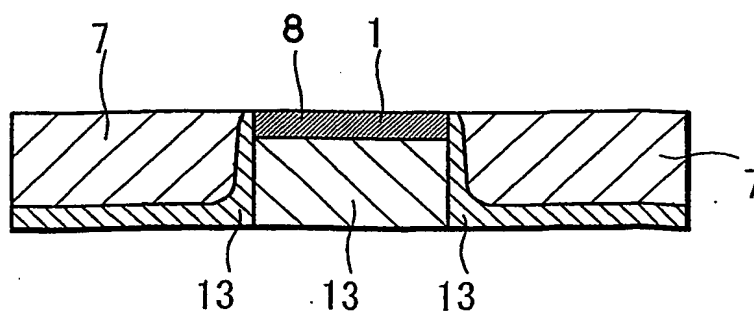


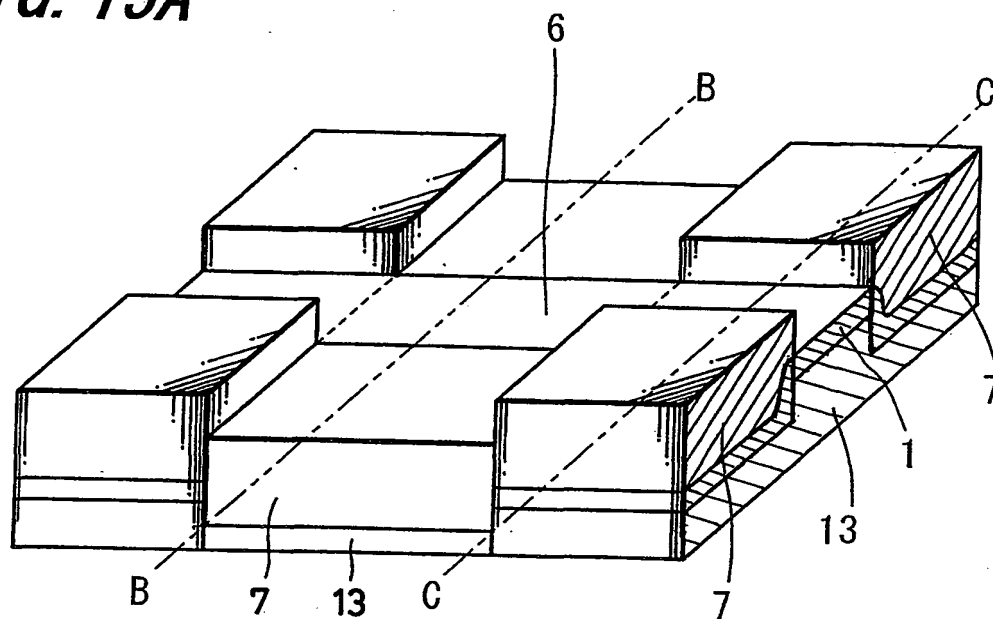
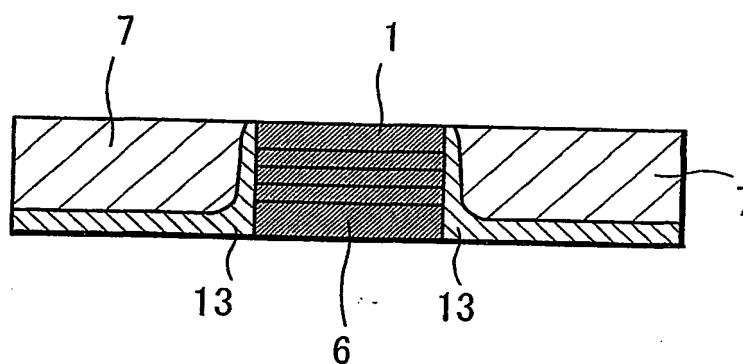
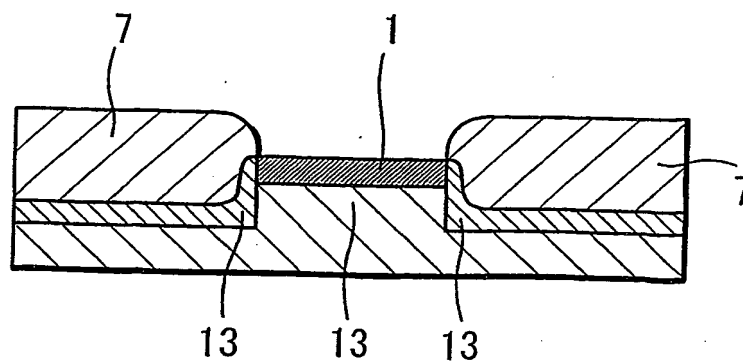
FIG. 15A**FIG. 15B****FIG. 15C**

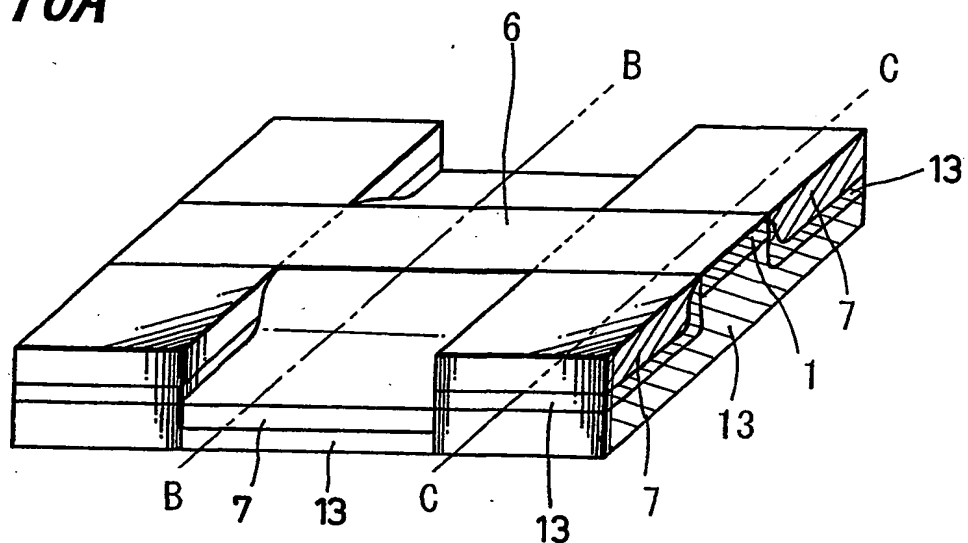
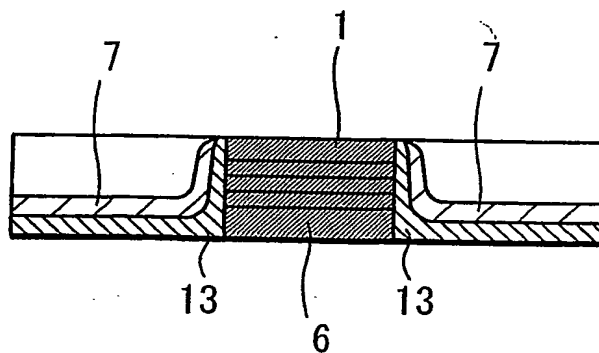
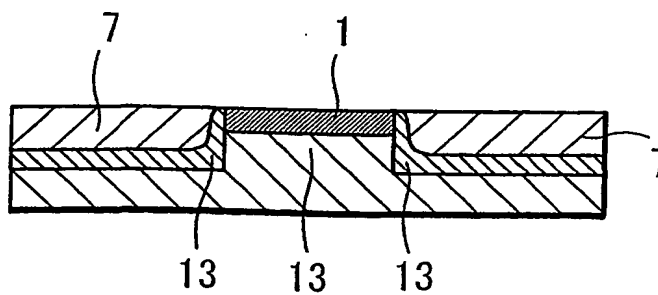
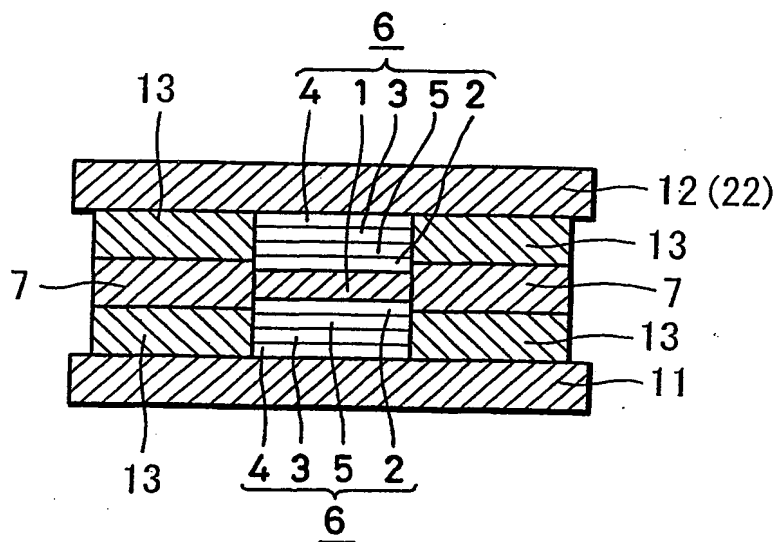
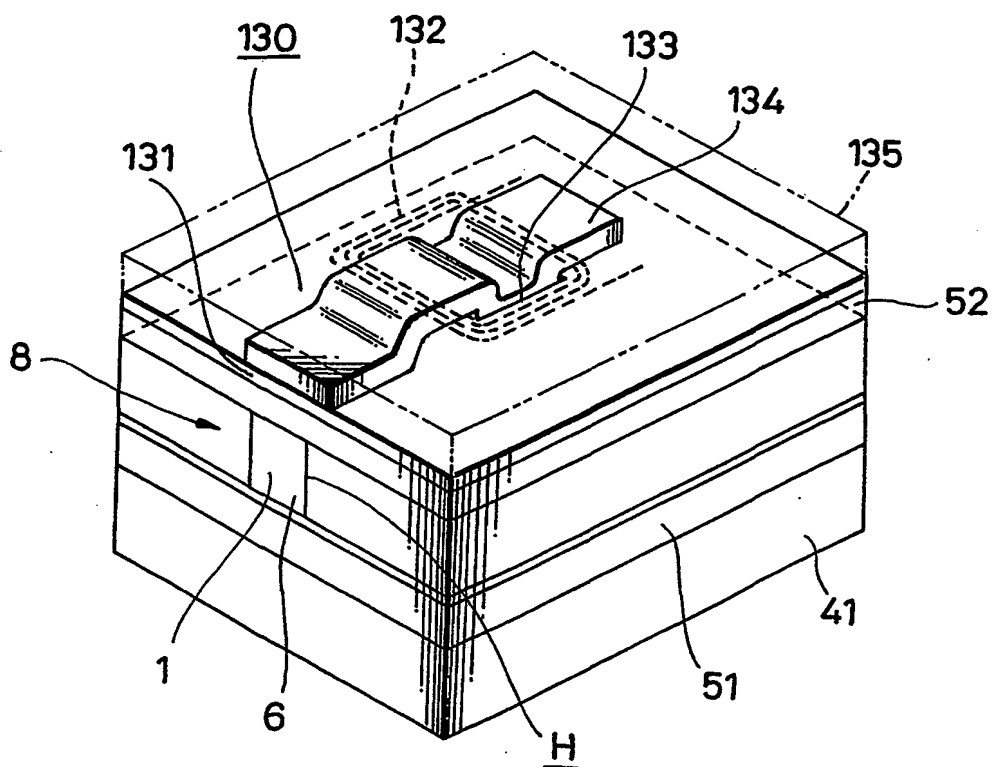
FIG. 16A**FIG. 16B****FIG. 16C**

FIG. 17**FIG. 18**

参照符号・事項の一覧表

| 参照符号 | 事項 |
|----------|-------------------------|
| 1 | 磁束ガイド層 |
| 2 | 自由層 |
| 3 | 固定層 |
| 4 | 反強磁性層 |
| 5 | スペーサ層 |
| 6 | 積層構造部 |
| 7 | 硬磁性層 |
| 8 | 前方面 |
| 9 | 積層膜 |
| 1 0 | 第 1 のマスク |
| 1 1, 1 2 | 第 1, 第 2 の電極 |
| 1 3 | 絶縁膜 |
| 1 4, 1 5 | 第 2, 第 3 のマスク |
| 2 1, 2 2 | 第 1, 第 2 の磁気シールド |
| 2 2 | 第 2 の磁気シールド |
| 3 1 | 被エッチング面 |
| S 1, S 2 | 第 1, 第 2 のストライプ |
| 4 1 | 基板 |
| 5 1, 5 2 | 第 1, 第 2 の磁気シールド 兼電極 |
| 1 3 0 | 磁気誘導型薄膜ヘッド |
| 1 3 1 | 非磁性層 |
| 1 3 2 | コイル |
| 1 3 3 | 透孔 |
| 1 3 4 | 磁気コア層 |
| 1 3 5 | 保護層 |

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP01/10210

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ H01L 43/08, H01L 43/12, G11B 5/39, G01R 33/09, H01F 10/32

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ H01L 43/08, H01L 43/12, G11B 5/39, G01R 33/09, H01F 10/32

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

| | | | |
|---------------------------|-----------|----------------------------|-----------|
| Jitsuyo Shinan Koho | 1922-1996 | Toroku Jitsuyo Shinan Koho | 1994-2002 |
| Kokai Jitsuyo Shinan Koho | 1971-2002 | Jitsuyo Shinan Toroku Koho | 1996-2002 |

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
JICST FILE on Science and Technology

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|-----------|---|-----------------------|
| A | WO 97/44781 A1 (MKE-Quantum Components Colorado LLC), 27 November, 1997 (27.11.1997), Full text & US 5668688 A & JP 11-509956 A & EP 840925 A1 & AU 9730736 A & CN 1196814 A & KR 99035913 A | 1-6 |
| A | JP 10-275310 A (Sony Corporation), 13 October, 1998 (13.10.1998), Full text (Family: none) | 1-6 |
| A | JP 10-163545 A (Sanyo Electric Co., Ltd.), 19 June, 1998 (19.06.1998), Full text (Family: none) | 1-6 |
| A | JP 10-321929 A (Sony Corporation), 04 December, 1998 (04.12.1998), Full text (Family: none) | 1-6 |
| P,A | JP 2001-102658 A (Yamaha Corporation), 13 April, 2001 (13.04.2001), Full text (Family: none) | 1-6 |

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.
 ☐ See patent family annex.

| | |
|---|--|
| * Special categories of cited documents: | "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention |
| "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance | "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone |
| "E" earlier document but published on or after the international filing date | "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art |
| "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) | "&" document member of the same patent family |
| "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means | |
| "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed | |

Date of the actual completion of the international search
13 February, 2002 (13.02.02)Date of mailing of the international search report
26 February, 2002 (26.02.02)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP01/10210

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|-----------|---|-----------------------|
| A | JP 11-232618 A (Fujitsu, Limited), 27 August, 1999 (27.08.1999), Full text (Family: none) | 1-6 |

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl¹ H01L 43/08, H01L 43/12, G11B 5/39, G01R 33/09, H01F 10/32

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl¹ H01L 43/08, H01L 43/12, G11B 5/39, G01R 33/09, H01F 10/32

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-2002年
 日本国登録実用新案公報 1994-2002年
 日本国実用新案登録公報 1996-2002年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)
 J I C S T 科学技術文献ファイル

C. 関連すると認められる文献

| 引用文献の カテゴリー* | 引用文献名、及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示 | 関連する 請求の範囲の番号 |
|-----------------|--|------------------|
| A | WO 97/44781 A1 (MKE-QUANTUM COMPONENTS COLORADO LLC) 1997. 11. 27, 全文 &US 5668688 A&JP 11-509956 A &EP 840925 A1&AU 9730736 A &CN 1196814 A&KR 99035913 A | 1-6 |
| A | JP 10-275310 A (ソニー株式会社) 1998. 10. 13, 全文 (ファミリーなし) | 1-6 |

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

13. 02. 02

国際調査報告の発送日

26.02.02

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

栗野 正明

4M

9353

電話番号 03-3581-1101 内線 3462

| C (続き) . 関連すると認められる文献 | | |
|-----------------------|--|------------------|
| 引用文献の カテゴリー* | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示 | 関連する 請求の範囲の番号 |
| A | JP 10-163545 A (三洋電機株式会社) 1998. 06. 19, 全文 (ファミリーなし) | 1-6 |
| A | JP 10-321929 A (ソニー株式会社) 1998. 12. 04, 全文 (ファミリーなし) | 1-6 |
| P, A | JP 2001-102658 A (ヤマハ株式会社) 2001. 04. 13, 全文 (ファミリーなし) | 1-6 |
| A | JP 11-232618 A (富士通株式会社) 1999. 08. 27, 全文 (ファミリーなし) | 1-6 |

